

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño de tratamiento terciario como alternativa para el reúso de
los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Edwin Luis Orta Zambrano

Juan Andrés Jumbo Tene

GUAYAQUIL - ECUADOR

II PAO 2023

DEDICATORIA

Yo, Edwin Orta Zambrano, dedico de manera especial los resultados de mi trabajo a mis queridas hermanas, Ingrid y Martha Orta, por el modelo socio-profesional que siempre me ha deslumbrado y guiado acompañado por el incondicional apoyo, cariño y aliento que me brindaron durante todo este proceso. A mi hermano político y compañero de juegos, Fernando Jara, le expreso mi total agradecimiento por el seguimiento de mis decisiones a lo largo de este proyecto. En este espacio incluyo también al mejor compañero de vida que Dios pudo darle a mi hermana, Roberto Morejón, por los consejos paternos que me ha brindado en esta etapa. Como olvidar a quienes me trajeron a este mundo, Freddy Orta y Zetty Zambrano, los mejores padres del mundo. Quienes siempre me han enseñado que “querer es poder” y que siempre debo buscar “ser más para servir mejor”. Y como no dedicar todo el esfuerzo y corazón que invertí en este trabajo a mis 3 angelitos, Paula Jara, Martín Ocaña y Luis Morejón, mi combustible de motivación desde el día que llegaron a mi vida. Adicionalmente, quiero extender esta dedicatoria a la empresa donde laboro actualmente, ACCIONA AGUA, sobre todo a mis jefes, Alfonso González, Cesar Arteaga y Luis Moreno, quienes me brindaron su apoyo, comprensión y orientación al permitirme ser parte de esta emocionante travesía. Así mismo, agradezco a mis profesores Christian Salas y Lenin Dender por la paciencia, dedicación y los valiosos conocimientos que me transmitieron durante las materias que cursé con ellos y por la inigualable guía que me otorgaron durante el trabajo integrador. Agradezco también al docente Erwin Larreta por el apoyo y credibilidad que siempre demostró en mi persona y por la calidad de enseñanzas tanto académicas como morales que ha impartido a quienes hemos tenido la dicha de ser sus estudiantes.

Yo Juan Andres Jumbo Tene, dedico este trabajo con mi más profunda gratitud a mis padres Juan y Delia por haberme apoyado incondicionalmente durante todos estos años, mis hermanos Diana, Leonel, Tatiana, Catherine y Niksa, por ser mis compañeros de vida, por darme sus consejos, por tenerme paciencia, sin ellos no sería posible esta tesis, a mi profesor Edwin J. por inculcarme la pasión por mi carrera. A la ESPOL, por brindarme los recursos y conocimientos necesarios para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

En esta sección, yo, Edwin Orta Zambrano, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento inicialmente a Dios y a la Virgen por su constante protección y guía en este intrigante camino académico. En segundo lugar, quisiera agradecer incondicionalmente a mi familia biológica por el acompañamiento y cariño necesarios para llenar mi tanque de motivaciones durante la carrera. En esta etapa fue trascendental el equilibrio de lo académico con lo social, por ello agradezco a mi grupo de amistades politécnicas conformado por Marcelo Villacis, Gabriela Galarraga, Claudia Montiel, Mateo Román, Carlos Cepeda y Estéfano Cochea, por las amenas sesiones de antiestrés que compartimos durante esta temporada trascendental de nuestras vidas y el avance colectivo que hemos tenido a nivel académico y personal. Durante el equilibrio de mi vida social conocí seres que se volvieron mi entre ellos, Daniel Andrés Reyes Bailón, mi hermano de otra madre. Muchos dirían que es el desbalance crónico que se necesita para romper con la rutina, yo simplemente lo llamo "mejor amigo". Le agradezco a este célebre personaje por los viajes y aventuras que hemos podido vivir hasta el momento y por las que nos depara el futuro. Le agradezco por haberme motivado a creer en mí y no ir por menos de lo mejor que pueda haber en este mundo y por enseñarme que los códigos forman al hombre, después de todo, sin ellos estaría perdido. Quiero agradecer a otro

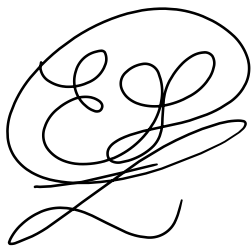
hermano que me dio la vida, Ángel Zhenzong Chen Cedeño, por el apoyo y las enseñanzas que me han permitido forjar mi carácter hoy por hoy, buscando siempre la excelencia de mi ser. Definitivamente, sin su apoyo y guía emocional, hoy por hoy no estuviera presentando este último proyecto universitario. Una persona que, sin duda, admiro y respeto colosalmente. De igual manera quisiera agradecer a una gran amiga que me dio la vida, Allison Chávez, por haber sido luz en este camino que muchas veces se ha tornado de tonos grises, despejando las nubes negras con momentos que soltaron rayos de luz en son de risas y frases motivadoras. Quisiera también agradecer a José Carlos Bravo Gordon, por la precisión y la calidad de su presencia en los momentos más importantes que he vivido en los últimos años, acompañándolos de risas y amenos momentos de convivencia.

Yo Juan Andres Jumbo Tene, gustaría expresar mi agradecimiento a varias personas, empezando por mi padre Juan Jumbo, por todo el esfuerzo y apoyo incondicional que me brindó durante todos estos años, siendo mi ejemplo de perseverancia. A mi madre Delia Tene, por ser mi guía en la vida, por nunca rendirse conmigo incluso cuando yo lo hacía, siendo mi motivación para seguir adelante. A mi hermana Diana, por darme sus consejos y enseñanzas; espero que nunca terminen. A mi hermano Leonel, mi compañero de aventuras y ejemplo a seguir. Gracias por ser mi mejor amigo. A mi hermana Tatiana, por ser mi segunda madre, alentándome en todo momento y celebrando conmigo todos los logros, por pequeños que fueran. A mi hermana Catherine, por ser aquella con la cual puedo ser yo mismo y reírme en todo momento. Gracias por ser auténtica. A mi hermana Niksa, por ayudarme durante toda mi carrera y por nunca dejarme solo. Gracias por acogerme en tu vida, incluso cuando ya tenías la tuya planificada. A mis amigos Samantha, Israel, Alexis y Angello, por ser mis amigos con los que compartí mis primeras experiencias y aventuras en esta universidad. A mi mejor amiga Angie, por compartir conmigo esta etapa de su vida. La disfruté mucho y quiero que

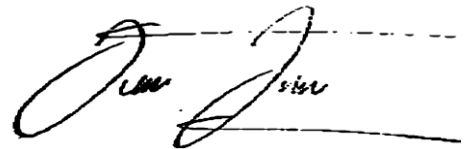
sepa que fue una gran compañera de vida; sin ella, no estaría aquí. A mis amigos Jesús, Chelsea, Alex, Angie y Angello, por acompañarme en todos mis planes y por haber compartido conmigo todas las aventuras vividas durante este último año. Aunque fue un tiempo corto, fue increíble. Gracias por ser como mi segunda familia. A mis tutores Christian y Lenin, por haberme acompañado en mi última tarea entregada dentro de la universidad. Gracias por ser mis últimos profesores.

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Edwin Luis Orta Zambrano* y *Juan Andrés Jumbo Tene* damos nuestro 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”



Edwin Luis Orta Zambrano



Juan Andrés Jumbo Tene

EVALUADORES

Lenin Alexander Dender

.....
PROFESOR DE LA MATERIA

Christian Alfonso Salas Vásquez

.....
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En el presente proyecto integrador se llevó a cabo el diseño de un tratamiento terciario como pulimento para la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ibarra con el fin de reutilizar el efluente tratado como agua de riego para las zonas aledañas a la infraestructura. Para ello, se propuso un análisis de alternativas referente a los posibles tratamientos a implementar para la función principal del proyecto, como cloración, ozonificación, lagunas aerobias y desinfección UV. Por motivos de restricción de espacio e impacto ambiental, se decidió implementar un sistema de desinfección ultravioleta.

El diseño, se llevó a cabo a partir de los parámetros de salida del tratamiento existente en la planta, la concentración de los parámetros requerida, basados en la TULSMA y un estudio general de la flora que será beneficiada con el tratamiento. Cabe recalcar que como punto inicial, se obtuvo un coeficiente de riego con el fin de obtener el caudal de irrigación necesario que fluirá a través del prototipo seleccionado, para así obtener la dosificación y escoger de manera correcta el equipo a implementar. En este caso se seleccionó un modelo de desinfección ultravioleta vertical con 2 módulos de 40 lámparas y una dosificación de 15 mWs/cm².

Finalmente, se pudo concluir que la propuesta ejercerá un impacto positivo que tendrá en el aspecto ambiental, ya que este permitirá una disminución considerable en el consumo del recurso hídrico y que de manera simultánea aporta a la economía circular de la zona. Esto debido a que la preservación de la estética de las áreas verdes aledañas mantendrá el atractivo turístico de la misma, permitiendo un ambiente amigable y sostenible para la comunidad.

Palabras clave: Tratamiento, sostenible, parámetros, impacto.

ABSTRACT

In this integrated project, the design of a tertiary treatment as polishing was conducted for the wastewater treatment plant of the city of Ibarra in order to reuse the effluent treated as irrigation water for the areas adjacent to the infrastructure. To this end, an analysis of alternative treatments to be implemented for the main function of the project, such as chlorination, ozonation, aerobic gaps and UV disinfection, was proposed. For reasons of space restriction and environmental impact, it was decided to implement an ultraviolet disinfection system.

The design was carried out from the output parameters of the treatment existing in the plant, the concentration of the parameters required, based on TULSMA and a general study of the flora that will benefit from the treatment. As a starting point, a coefficient of irrigation was obtained in order to obtain the necessary flow that will flow through the selected prototype, so as to get the dosage and choose the correct equipment to implement. In this case, a vertical ultraviolet disinfection model was selected with 2 modules of 40 lamps and a dosage of 15 mWs/cm².

Finally, it was concluded that the proposal would have a positive impact on the environmental aspect, as this would allow for a considerable reduction in the consumption of the water resource and that at the same time it contributes to the circular economy of the area. This is because the preservation of the aesthetics of the surrounding green areas, will maintain the tourist attraction of the same, allowing a friendly and sustainable environment for the community.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1 XIV

1.	INTRODUCCIÓN	15
1.1	Antecedentes	15
1.2	Presentación general del problema.....	17
1.3	Justificación del problema	18
1.4	Objetivos	19
1.4.1	Objetivo General	19
1.4.2	Objetivos Específicos	19

CAPÍTULO 2.....

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.1	Revisión de literatura.....	22
2.1.1	Humedales Superficiales.....	25
2.1.2	Lagunas Aerobias	26
2.1.3	Cloración	26
2.1.4	Desinfección UV	26
2.2	Área de estudio	26
2.2.1	Localización:.....	26
2.2.2	Población:.....	28
2.2.3	Ramas de la ingeniería inmersas	28

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.1	Revisión de literatura.....	22
2.1.1	Humedales Superficiales.....	25
2.1.2	Lagunas Aerobias	26
2.1.3	Cloración	26
2.1.4	Desinfección UV	26
2.2	Área de estudio	26
2.2.1	Localización:.....	26
2.2.2	Población:.....	28
2.2.3	Ramas de la ingeniería inmersas	28

2.2.4	Hidráulica	28
2.2.5	Diseño Estructural. -	29
2.2.6	Ingeniería Ambiental. -	29
2.4	Análisis de datos	32
2.4.1	Datos de entrada y salida del diseño teórico	33
2.4.2	Análisis de Datos de Diseño	33
2.4.3	Estructura actual de la PTAR	34
2.4.4	Análisis de datos del efluente actual del tratamiento secundario.....	36
2.5	Análisis de alternativas.....	37
2.5.1	Matriz de Evaluación de Alternativas para PTAR Terciaria:	43
CAPÍTULO 3.		46
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	47
3.1	Diseño de Tratamiento Terciario	47
3.1.1	Cálculos Previos.....	48
3.1.1.1	Cuantificación de Microorganismos	48
3.1.1.2	Coeficiente de especie (K_e):	49
3.1.1.3	Coeficiente de densidad (K_d):	49
3.1.1.4	Coeficiente de micro clima (K_m):	50
3.1.1.5	Coeficiente de jardín (K_j):.....	51
3.1.1.6	Cálculo de Área de flujo:	51
3.1.1.7	Cálculo del ancho de equipo:	52

3.1.1.8	Cálculo de la Longitud de equipo:	53
3.1.1.9	Cálculo de Área de Exposición:	53
3.1.1.10	Cálculo de Dosificación:	53
3.1.2	Selección del Equipo para desinfección UV	53
3.2.1	RESUMEN DEL DISEÑO RESUMEN DEL EQUIPO	57
3.2.2	Especificaciones para actividades del proyecto	57
3.2.2.1	Desbroce	57
3.2.2.2	Movimiento de tierras [excavación, desalojo, mejoramiento]	58
3.2.2.3	Replanteo	59
3.2.2.4	Hormigón de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$	59
3.2.2.5	Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	60
3.2.2.6	Encofrado	61
3.2.2.7	Suministro e instalación de tub diámetro 35" pvc	62
3.2.2.8	Inspección CCTV	62
3.2.2.9	Suministro e instalación de equipo uv	63
Capítulo 4.	65
4.	Estudio del impacto ambiental	66
4.1	Objetivo general	66
4.2	Objetivos específicos	66
4.4	Contribución a los ODS:	68
4.5	Línea base ambiental	69

4.5.1	Medio físico	69
4.5.2	Medio Biótico	70
4.5.3	Medio Socioeconómico	70
4.6	Actividades del proyecto	72
4.6.1	Proceso de elaboración.....	72
4.6.1.1	Diseño del Sistema UV:	73
4.6.1.2	Obra Civil:.....	73
4.6.1.3	Instalación de Equipos UV:	73
4.6.1.4	Automatización y Control:	73
4.6.1.5	Pruebas y Ajustes:	73
4.6.1.6	Mantenimiento Preventivo:.....	74
4.6.1.7	Documentación y Certificación:	74
4.6.1.8	Monitoreo Continuo:	74
4.7	Identificación de impactos ambientales.....	74
CAPÍTULO 5		83
5.	PRESUPUESTO	84
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo.....	84
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
6.1	Conclusiones (máximo 750 palabras)	117
6.2	Recomendaciones (máximo 750 palabras).....	120

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

EMAPA-I Empresa Municipal de agua potable Ibarra

PTAR Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

UV Ultravioleta

SIM BOLOGÍA

mg/l	Miligramo por litro
m	Metro
m ³	Metro cúbico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SST	Sólidos Suspendidos Totales
NTk	Nitrógeno Total Kjeldahl

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación de la ciudad de Ibarra en Ecuador [EMAPAI, 2017].....	27
Figura 2.2. Ubicación de la PTAR IBARRA [Google Earth Pro, 2021].....	28
Figura 2.3. Implantación de la PTAR IBARRA [ACCIONA, 2017].....	30
Figura 2.4. Recorrido general por la PTAR IBARRA-EMAPAI.....	31
Figura 2.5. Visualización de Decantador Secundario PTAR IBARRA-EMAPAI.....	31
Figura 2.6. Implantación de fases de tratamiento [ACCIONA, 2017].....	35
Figura 2.7. Diagrama de tratamientos existentes [ACCIONA, 2017]	35
Figura 2.8. Variación estadística de la DBO de entrada y salida de la PTAR [EMAPAI, 2022].....	37
Figura 2.9. [Depurar aguas residuales con humedales artificiales una alternativa para pequeñas poblaciones, 2022].....	38
Figura 3.1. Esquemas de lámparas UV convencional [Pure Water Co.].....	54
Figura 3.2. Esquema de flujo uniforme actual en la ubicación del tratamiento [EMAPA- I].....	55
Figura 3.3. Modelo VC-40-HO Vertical	57
Figura 4.1. Imagen Georreferenciada de la PTAR Ibarra.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Normativa de límites máximos permisibles para riego. Acuerdo ministerial 097-A [TULSMA,2015].....	33
Tabla 2.2 Datos de diseño de la PTAR Ibarra [EMAPA-I, 2017].....	33
Tabla 2.3 Datos de un agua residual urbana estándar [EMAPAI, 2017].....	33
Tabla 2.4 Eficiencia de remoción para DBO-DQO-SST PTAR [EMAPAI, 2022]	37
Tabla 2.5 Eficiencia de remoción para DBO-DQO-SST PTAR [(María Reyes et al., 2013).....	39
Tabla 2.6 Cuadro de comparación de alternativas	44
Tabla 3.1 Agentes patógenos presentes [Crites and Tchobanoglous, 1998].....	47
Tabla 3.2 Agentes patógenos presentes [Crites and Tchobanoglous, 1998].....	48
Tabla 3.3 Coeficiente de especies presentes en los alrededores de la zona [Manual de riego de jardines, 2022]	49
Tabla 3.4 Coeficientes de densidad presentes en los alrededores de la zona [Manual de riego de jardines, 2022]	50
Tabla 3.5 Coeficientes de microclima presentes en los alrededores de la zona [Manual de riego de jardines, 2022]	50
Tabla 3.6 Caudales de riego (Qr) según coeficiente de jardín (kj) [Manual de riego de jardines, 2021]	51
Tabla 3.7 Datos de calidad a tratar para selección de diseño [Glasco UV]	56
Tabla 3.8 Matriz de selección de equipos [Glasco UV].....	56
Tabla 3.9 Especificaciones de Sistema UV seleccionado	57
Tabla 4.1 Actividades del proyecto	72
Tabla 4.2 Criterios de valoración [Fuente: (Tito, 2020)].....	75

Tabla 4.3. Valoración de importancia de impactos ambientales	76
Tabla 4.4 Valoración de magnitud en impactos ambientales.....	77
Tabla 4.5 Resultados finales de la Matriz de Leopold para impactos ambientales..	78
Tabla 4.6. Tabla de actividades junto a sus respectivas medidas de prevención:	
<i>Construcción</i>	79
Tabla 4.7 Tabla de actividades junto a sus respectivas medidas de prevención:	
<i>Operación</i>	80
Tabla 4.8 Tabla de actividades junto a sus respectivas medidas de prevención:	
<i>Abandono</i>	81
Tabla 4.9 Escala de Valoración de Leopold.....	82
Tabla 5.1 Estructura detallada de trabajo	84
Tabla 5.2 Rubros especificados con sus respectivas unidades.....	85
Tabla 5.3 APU Desbroce, Desbosque y Limpieza Manual	87
Tabla 5.4 APU Excavación sin clasificación	88
Tabla 5.5 APU Material de Préstamo Importado.	89
Tabla 5.6 APU Transporte de Material.....	90
Tabla 5.7 APU Desalojo de Material	91
Tabla 5.8 APU Hormigón estruct./cem. Portl. F´c=280 kg/cm2	92
Tabla 5.9 APU Acero de refuerzo en barras fy= 4200 kg/cm2.....	93
Tabla 5.10 APU Replanteo de Hormigón Simple Fc= 140 kg/cm2.....	93
Tabla 5.11 APU Sumin. e instal. Tubo galvanizado o D= 2 1/2" x 2mm (Pasamano)	
.....	95
Tabla 5.12 APU Suministro e instalación de Tubería de H.A. Clase 1 D=35"	96
Tabla 5.13 APU Suministro e instalación de Módulos para sistema UV.....	97
Tabla 5.14 APU Suministro e instalación de lámparas UV 155 Watts	98

Tabla 5.15	APU Suministro e instalación de tablero de operaciones	99
Tabla 5.16	APU Agua para control de polvo	100
Tabla 5.17	APU Control y Monitoreo de Ruido	101
Tabla 5.18	APU Reunión con la comunidad	102
Tabla 5.19	APU SUMIN. E Inst. de Tanque metálico de 55 Galones	103
Tabla 5.20	APU Protección para trabajador	104
Tabla 5.21	APU Malla Plástica de Seguridad (Color Reflectivo).....	105
Tabla 5.22	APU Suministro e instalación de Pararrayos de 10 kV (Plus).....	106
Tabla 5.23	Descripción de cantidades a ejecutar en el proyecto.....	107
Tabla 5.24	Valoración integral para construcción del proyecto integrador	110
Tabla 5.25	Valoración referencial de Operación y Mantenimiento del proyecto [EPA- Glasco UV- Ministerio de Minería]	112
Tabla 5.26	Cronograma de avance de obra	114

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Implementación de la nueva PTAR.....	131
--	-----

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Dentro de los estudios relacionados con el tratamiento de aguas residuales que podrían garantizar eficiencia y factibilidad de este trabajo integrador es el caso de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Oropesa. Esta Planta de tratamiento emplea la reutilización de sus efluentes para el riego de áreas verdes urbanas en la ciudad de Cusco, ubicada en Perú (Elcid, 2021a). El estudio demuestra cómo el agua tratada puede elevar sus niveles de calidad de manera que sean óptimos para mantener zonas con vegetación con un estado de salud estable, contribuyendo al bienestar y calidad de vida de los residentes urbanos (Elcid, 2021a). Este enfoque no solo aporta con la conservación del agua potable, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental, reduciendo la presión sobre los recursos hídricos locales y minimizando el impacto ambiental asociado con la extracción y distribución de agua potable. Además, ejecutar esta implementación permitió mejorar las áreas verdes urbanas, creando un entorno más atractivo y saludable para visitantes de la zona, contribuyendo a la cohesión social y el bienestar cultural de la población. (Elcid, 2021)

Otro caso asociado al reúso de efluentes tratados para irrigación es el caso de la PTAR Totorá en Huamanga, Perú (Sociedad Química del Perú. et al., 2018b). En esta obra se decidió aplicar un método de pulimento de desinfección con radiación ultravioleta, demostrando ser un método eficaz para la eliminación de microorganismos patógenos en el agua residual tratada. Cabe recalcar que el cumplimiento de su objetivo no solo mejora la calidad sanitaria del agua, sino que también garantiza la seguridad para el riego ornamental, teniendo como resultado cultivos más saludables y seguros para el contacto humano. (Sociedad Química del Perú. et al., 2018)

En el año 1995 la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra EMAPA-I, financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo y del Banco del Estado, ejecutó la propuesta “Estudio de factibilidad y diseños definitivos del Sistema de Alcantarillado Mixto para la ciudad de Ibarra”.

En la primera etapa de dicho estudio, que fue realizado por las consultoras “HIDROSERVICE ENGENHARIA LTDA.” e “INAM INGENIERÍA AMBIENTAL CIA. LTDA”, se dieron a conocer alternativas para solucionar los problemas de alcantarillado presentes en la Ciudad (G. Rivadeneira, 2022).

El propósito principal de dicha propuesta de estudio era la recolección y disposición definitiva de los desechos líquidos provenientes de la ciudad sin generar un impacto ambiental negativo en los receptores y cumplir con la legislación vigente, así como la recolección y disposición final de las aguas de escurrimiento superficial de origen pluvial, sin que se produzcan siniestros como inundaciones y todo tipo de situaciones que pongan en peligro la seguridad de los habitantes, y las propiedades tanto públicas como particulares(G. Rivadeneira, 2022).

En 2012, el consorcio “ACCIONA AGUA- EDUINTER (UTE)” define las obras a ejecutar para la construcción de una PTAR con tratamiento completo de lodos, una posible extensión que desenlaza en un tratamiento secundario, para un caudal promedio diario de 1.656 m³/h, un caudal máximo de 6.624 m³/h y un caudal de punta de 3.312 m³/h a la Ilustre Ciudad de Ibarra (Ecuador), basado en el análisis de necesidades previamente ejecutado(G. Rivadeneira, 2022).

El 28 de septiembre de 2012, se firma el contrato comercial para realizar la “ingeniería de detalle, diseño, provisionamiento de equipos y materiales, construcción de obras civiles, montaje de equipos, pruebas y puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales para el cantón Ibarra”(G. Rivadeneira, 2022), en la ciudad de Ibarra. Dentro del acuerdo participaron, el representante de la Alcaldía de Ibarra, los representantes de EMAPA-I, y los representantes del consorcio “ACCIONA AGUA- EDUINTER (UTE)”.

La PTAR ubicada al noroeste de la ciudad de Ibarra, desempeña un rol vital en el saneamiento de casi 197,800 personas(Future Enviro, 2017). Emplea diversos procesos, desde las etapas iniciales hasta las biológicas, para purificar el agua residual antes de liberarla al medio ambiente. Un aspecto significativo de esta instalación es su enfoque

ecológico. Además de los métodos estándar de tratamiento, la PTAR compensa el consumo de energía, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (G.E.I) contribuyendo en la disminución de efectos producido por el cambio climático. (Future Enviro, 2017)

La PTAR Ibarra es considerada un símbolo representativo de la ingeniería ambiental avanzada, debido a los componentes que posee actualmente con tratamientos preliminares, primario, biológico o secundario y de manejo de lodos. Además, cuenta con un sistema de captación de gases y recuperación de energía, volviéndola una estructura funcionalmente sostenible. Sin embargo, con la implementación de un tercer proceso de pulimiento no solo mejorará la calidad del agua tratada, sino que también fortalecerá la capacidad de la planta para contribuir significativamente al entorno local y afrontar los retos del cambio climático (ODS N°13), garantizando el cumplimiento del ODS relacionado con agua, saneamiento (ODS N°6), creando así un ambiente más sostenible y saludable para los habitantes de Ibarra y las generaciones futuras. (Future Enviro, 2017)

1.2 Presentación general del problema

La PTAR Ibarra actualmente se encuentra en funcionamiento cumpliendo con la normativa de diseño, alcanzando altos estándares de calidad para descarga en cuerpos naturales de agua. Sin embargo, la gran posibilidad de implementar un tratamiento terciario como pulimiento del efluente ya tratado, vuelve de este proyecto una innovación ambiental esencial para eliminar impurezas y alcanzar estándares de calidad para riego de áreas verdes. El desaprovechamiento de la reutilización del agua residual tratada para irrigación tiene un efecto perjudicial en el mantenimiento y la estética de los jardines y áreas verdes turísticas de la zona, afectando tanto la apariencia visual como la experiencia de los residentes y visitantes, donde se puede apreciar un impacto en la calidad de vida de la comunidad.

Este factor de desperdicio tiene consecuencias más allá del aspecto urbano. La degradación del suelo y la pérdida de vegetación pueden ocurrir como resultado de la falta

de agua adecuada, lo que a su vez puede desencadenar afecciones en la calidad del aire y contribuir negativamente a la pérdida de hábitats naturales. (Vergine et al., 2017a)

Aunque Ibarra cuenta con una PTAR en funcionamiento, no se está aprovechando al máximo el potencial de reutilización del efluente tratado para el riego de plantas ornamentales. Esta falta de aprovechamiento puede complicar la situación durante las épocas de sequía, cuando la demanda de agua para el riego es alta y los recursos hídricos son limitados. La implementación del repuso del agua tratada para riego favorecería con sus nutrientes el crecimiento y la vitalidad de las plantas ornamentales, así como la diversidad de especies vegetales, conservando la biodiversidad local en áreas verdes y jardines ornamentales (Drechsel P. & Evans, 2010).

1.3 Justificación del problema

La situación actual que abarca la calidad disponible de agua tratada aplicable para el riego de plantas ornamentales en Ibarra es esencial debido a su impacto directo en la calidad de vida de los habitantes y en la apariencia de la ciudad. Este aspecto se ve afectado debido a las zonas verdes que son parte de destinos turísticos que no recibirían un cuidado adecuado, reduciendo el factor atractivo para visitantes de la zona, afectando la economía de la comunidad. Este proyecto integrador se justifica por los beneficios innovadores que puede otorgar a la población Ibarreña en el campo socioambiental.

Este enfoque no solo conserva el recurso hídrico a través de la reducción del uso de agua potable, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental, reduciendo el estrés hídrico local y minimizando el impacto ambiental asociado con la extracción y distribución de agua potable. Además de mejorar las áreas verdes urbanas, crea un entorno sostenible para la población.

Al identificar las mejores prácticas y tecnologías en gestión del agua, este proyecto puede proporcionar directrices específicas para mejorar la eficiencia en el uso del agua,

promover la reutilización responsable de los recursos hídricos y fomentar prácticas de conservación entre los ciudadanos. Además, al explorar estrategias innovadoras de gestión del agua, el presente trabajo contribuirá a la literatura académica sobre sostenibilidad y resiliencia ambiental en contextos urbanos.

En resumen, esta propuesta de diseño tiene como objetivo ofrecer soluciones concretas para mejorar la calidad de vida de los habitantes y el equilibrio ecológico de la ciudad de Ibarra. Esto mediante la comparación de alternativas para tratamientos terciarios, donde se evaluarán los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales. A partir de la proporción de orientaciones prácticas y aplicables, se espera que este trabajo tenga un impacto positivo y duradero en la ciudad, así como en futuras investigaciones en el campo del manejo del recurso hídrico en el medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento terciario para la PTAR Ibarra en busca de la reutilización los efluentes que servirán para riego de áreas verdes en los alrededores.

- **Preguntas de diseño:**

¿Cuáles son los métodos de tratamiento terciario más efectivos y sostenibles que se pueden aplicar en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ibarra para garantizar la calidad del agua tratada para el riego de áreas verdes?

¿Cuál es el caudal y la demanda de agua para el riego de las áreas verdes circundantes?

¿Cómo se puede dimensionar el sistema de tratamiento terciario para satisfacer esta demanda y garantizar un suministro adecuado de agua para riego?

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar información disponible y el estado físico de la planta por medio de visitas de campo para la obtención de los parámetros de partida.

- Analizar opciones para el tratamiento terciario mediante una matriz comparativa con el fin de determinar la opción óptima y cumplir con los ODS 6 y 13.
- Diseñar el tratamiento terciario de la alternativa seleccionada que incluirá memoria y especificaciones técnicas

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

El tratamiento de aguas residuales es imperativo para proteger el medio ambiente y asegurar el bienestar humano, dado que estas aguas representan un riesgo potencial para la salud pública al ser portadoras de numerosas enfermedades (Drechsel P. & Evans, 2010b).

Históricamente, la disposición común de las aguas residuales domésticas ha sido su descarga directa en cuerpos de agua superficiales y en el suelo, una práctica que plantea dos problemas significativos. La primera dificultad a presentarse es el riesgo inminente hacia la salud pública, especialmente en regiones tropicales con alta incidencia de enfermedades infecciosas, donde los patógenos se dispersan eficientemente a través de las excretas y las aguas residuales sin tratar (Steffen et al., 2015). En segundo lugar, esta práctica tiene impactos ambientales no amigables, afectan la conservación de los ecosistemas acuáticos y del suelo, dependiendo de la zona. Esto conlleva a la pérdida del valor económico del recurso y del medio ambiente, simultáneamente disminuyendo el bienestar de las comunidades aledañas, sobre todo las que se encuentran ubicadas aguas abajo de las descargas (Yi et al., 2011).

En nuestro caso, la gestión adecuada de las aguas residuales se vuelve esencial. El concepto de prevención y control de la contaminación de los cuerpos hídricos implica la implementación de estrategias de manejo adecuado de aguas residuales dentro del marco de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Almeida G. et al., 2013). Por ello empleando la reutilización del efluente tratado, como uno de los representantes de este tipo de estrategias, no solo se controlaría la contaminación hídrica, sino que también se proporcionaría una solución para aumentar los recursos en áreas con escasez de agua (Hanjra M. et al., 2012).

A pesar de la necesidad apremiante por mejorar los métodos de descarga de efluentes, las estadísticas revelan una situación preocupante: aproximadamente el 90% del agua residual en países en desarrollo se vierte sin tratamiento en cuerpos de agua, y solo el 8% del agua residual producida diariamente en Latinoamérica se trata adecuadamente,

siendo utilizada en gran parte de forma cruda en la irrigación (UNEP, 2010). Estas cifras subrayan la urgencia de implementar medidas efectivas para el tratamiento y reúso adecuado del agua residual, no solo para mitigar los riesgos para la salud y el medio ambiente, sino también para asegurar un suministro sostenible de agua en áreas con escasez.

El reúso de efluentes tratados en agricultura ha surgido como una estrategia clave para enfrentar la creciente escasez de agua en muchas partes del mundo. Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) destaca que el riego con agua residual tratada puede contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola al proporcionar una fuente confiable de agua para riego. Además, reduce la carga sobre los cuerpos de agua naturales al disminuir los vertidos de aguas residuales no tratadas, promoviendo así la salud ambiental.

La importancia del riego en la horticultura ornamental se evidencia en un estudio de la Universidad de California, que subraya cómo el suministro adecuado de agua es esencial para el crecimiento y la floración de plantas ornamentales. El riego adecuado no solo afecta el desarrollo de las plantas, sino que también influye en la calidad del paisajismo urbano y en la industria de jardinería. El reúso de efluentes tratados representa una solución eficaz para mantener el riego constante, preservando la salud y la estética de las plantas ornamentales.

Las normativas para el reúso de efluentes en la agricultura varían según el país y la región. En Estados Unidos, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece directrices para el riego con agua residual tratada, que incluyen límites específicos para contaminantes como coliformes fecales y metales pesados. Además, las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen estándares internacionales para garantizar la seguridad en el reúso agrícola (OMS (Organización Mundial de la Salud), 1989). Cumplir con estas normativas es esencial para garantizar la seguridad tanto de las plantas como de los consumidores finales.

Las tecnologías de tratamiento terciario desempeñan un papel fundamental en la mejora de la calidad del agua para su reúso en el riego de plantas ornamentales. La cloración,

un proceso de desinfección ampliamente utilizado, implica la adición controlada de cloro al agua para eliminar bacterias, virus y otros microorganismos patógenos. Junto con la cloración, la filtración por membranas, la desinfección avanzada por UV y la ozonización son esenciales para garantizar la eliminación efectiva de contaminantes microbianos y químicos.

Estas tecnologías preparan el agua de los efluentes tratados, asegurando que cumpla con los estándares de calidad necesarios para el riego de plantas ornamentales, y destacan la importancia crucial de la cloración como método confiable y efectivo en este proceso. La selección cuidadosa y la integración adecuada de estas tecnologías permiten un tratamiento completo y seguro de los efluentes, optimizando así su reúso en actividades de riego y resaltando la relevancia de la cloración en este contexto específico. (María Teresa Diez González & Cristina de la Macorra García, 2014)

El proceso de cloración como parte del tratamiento terciario ha sido implementado en varios países de América Latina, incluyendo Ecuador, como una medida eficaz para la desinfección del agua. Según un informe del Ministerio de Salud Pública de Ecuador, la cloración se ha utilizado de manera exitosa en sistemas de agua potable para controlar la proliferación de bacterias y garantizar la seguridad microbiológica del agua. La aplicación de cloro en dosis adecuadas y su tiempo de contacto son aspectos críticos para su efectividad.

Además, investigaciones en América Latina, como el estudio llevado a cabo por la Universidad Nacional Autónoma de México, han demostrado que la cloración es una técnica confiable y económicamente viable para la desinfección de aguas residuales tratadas, asegurando así la calidad microbiológica necesaria para el reúso en actividades agrícolas, incluyendo el riego de plantas ornamentales. Acorde a lo mencionado, en el contexto latinoamericano, la experiencia y los estudios científicos respaldan la inclusión de la cloración como una tecnología esencial en el tratamiento terciario para el reúso seguro de efluentes en el riego de plantas ornamentales en Ecuador. (Sergio E. Martínez Rivera & Yolanda Trápaga Delfín, 2012a)

La selección de tecnologías de tratamiento terciario se basa en diversos criterios. Estudios realizados en países mediterráneos analizan la eficiencia y la sostenibilidad de tecnologías como la filtración por membranas y la ozonización. La investigación destaca cómo la combinación de técnicas, adaptada a las características específicas de los efluentes, puede maximizar la eliminación de contaminantes. La evaluación detallada de estas tecnologías asegura un diseño eficaz del tratamiento terciario, optimizando así el reúso seguro y sostenible de los efluentes en el riego de plantas ornamentales. (Vergine et al., 2017b)

Un análisis llevado a cabo por el Instituto de Investigación del Agua de la Universidad de California demuestra que el reúso de efluentes tratados en agricultura ornamental reduce la extracción de agua de fuentes naturales, preservando así los ecosistemas acuáticos locales. Al reducir la demanda de agua dulce, se minimiza la sobreexplotación de recursos hídricos, protegiendo hábitats naturales y manteniendo la biodiversidad en los cuerpos de agua circundantes.

La aceptación pública del reúso de efluentes en agricultura ornamental se basa en la concienciación y la educación. Los resultados indican que la información clara y la participación comunitaria son fundamentales para construir la confianza en la seguridad del agua reutilizada (CAROLINA CALDERON A. et al., 2017). La concienciación pública efectiva, respaldada por datos científicos y campañas educativas, es esencial para promover la aceptación del reúso de efluentes en actividades de riego, incluyendo la horticultura ornamental.(CAROLINA CALDERON A. et al., 2017b)

Dentro de las posibles alternativas de tratamiento terciario se ha recopilado información general sobre las siguientes:

2.1.1 Humedales Superficiales

Son áreas diseñadas con vegetación acuática, en la cual el agua residual fluye lentamente. Estos actúan como filtros naturales, utilizando microorganismos y plantas para

eliminar contaminantes del agua residual, contribuyendo al proceso de tratamiento (Tercero Gómez, 2016).

2.1.2 Lagunas Aerobias

Son cuerpos de agua artificiales utilizados en sistemas de tratamiento de aguas residuales, donde agua a tratar fluye lentamente. Este tipo de tratamiento fomentan la actividad de microorganismos aerobios para descomponer materia orgánica presente en las aguas residuales, promoviendo así un proceso de tratamiento biológico (Nodal, 2001).

2.1.3 Cloración

Es un proceso de tratamiento de agua que implica la adición controlada de cloro u otros compuestos clorados al agua para la reducción o en su caso la eliminación de organismos patógenos (Siguí Gil, 2022).

2.1.4 Desinfección UV

Es un proceso de tratamiento del agua que utiliza luz UV para inactivar microorganismos patógenos presentes en el agua residual (Sociedad Química del Perú. et al., 2018).

2.2 Área de estudio

2.2.1 Localización:

La ciudad de Ibarra, cabecera cantonal y capital de la provincia de Imbabura está ubicada en la zona norte de Ecuador a 115 km al noreste de Quito y 125 km al sur de Tulcán, formando parte del corredor Tulcán-Riobamba.

El núcleo central urbano de la ciudad de Ibarra ocupa el territorio comprendido entre la confluencia de los ríos Tahuando al oriente y Chorlaví al occidente, que se unen formando el vértice de un triángulo al extremo norte de la ciudad. Por el sur de la ciudad limita con las faldas del Imbabura. Desde el vértice norte ubicado a una cota de 2.200 msnm hasta el sector de Caranqui en el sur a una cota de 2.460 msnm, la ciudad tiene una longitud de unos nueve kilómetros. En el sur, el ancho de la ciudad alcanza unos cinco kilómetros. Las pendientes

del terreno varían desde un 8% en el sector Caranqui, al pie del Imbabura, hasta pendientes casi nulas en las partes planas. Sólo en algunos sitios específicos de la ciudad las pendientes están fuera de este rango.

Ibarra tiene una superficie total de aproximadamente 1.126 km² y, para un manejo más equilibrado, se halla dividida en más de 400 barrios que se agrupan en cinco parroquias urbanas (Alpachaca, San Francisco, El Sagrario, Priorato y Caranqui), de las cuales la ubicación de la PTAR proyectada se sitúa en la Parroquia de El Sagrario.

Figura 2.1.

Ubicación de la ciudad de Ibarra en Ecuador [EMAPAI, 2017]



Las características principales de la zona en que se sitúa dicha planta se resumen a continuación:

- **Provincia:** Imbabura
- **Cantón:** Ibarra
- **Parroquia:** El Sagrario
- **Región:** Cuenca del río Tahuando
- **Altitud promedio:** 2.192 metros

- **Latitud:** 00° 21' N
- **Longitud:** 078° 07' O

Figura 2.2.

Ubicación de la PTAR IBARRA [Google Earth Pro, 2021]



2.2.2 Población:

Según el VII censo nacional de población realizado en el año 2010, del total de los habitantes que tiene el Ecuador, la población total del cantón Ibarra alcanza los 181.175 habitantes, de los cuales 93.389 corresponden a mujeres y 87.786 a hombres. (INEC, 2010).

2.2.3 Ramas de la ingeniería inmersas

2.2.4 Hidráulica

En cuanto a la instalación de tratamientos de aguas residuales, la ingeniería hidráulica desempeña un papel fundamental. Se enfoca en el diseño de sistemas de distribución de agua, incluyendo redes de tuberías, canales y dispositivos para el transporte eficiente de agua tratada dentro de la planta y hacia los puntos de consumo. Estos ingenieros estudian cuidadosamente los patrones de flujo, las presiones y las velocidades del agua para asegurar el movimiento efectivo del agua tratada a través de los diferentes procesos de tratamiento avanzado.

Además, en el ámbito hidráulico, se diseñan sistemas de drenaje pluvial con el objetivo de evitar la acumulación de agua en áreas no deseadas de la instalación. La experiencia en

ingeniería hidráulica es esencial para prevenir inundaciones y así garantizar un entorno seguro y operativo tanto para el personal como para las infraestructuras.

2.2.5 *Diseño Estructural.* -

La ingeniería estructural juega un papel crucial en el diseño de las infraestructuras físicas de la planta de tratamiento de aguas en Ibarra, incluyendo tanques de sedimentación, reactores biológicos y sistemas de filtración y desinfección. Estos profesionales aseguran que estas estructuras sean resistentes y seguras, capaces de soportar las cargas operativas y ambientales. Además, se realiza una evaluación exhaustiva de la integridad estructural de las instalaciones existentes, proponiendo mejoras para garantizar la durabilidad y seguridad a largo plazo de la planta.

2.2.6 *Ingeniería Ambiental.* -

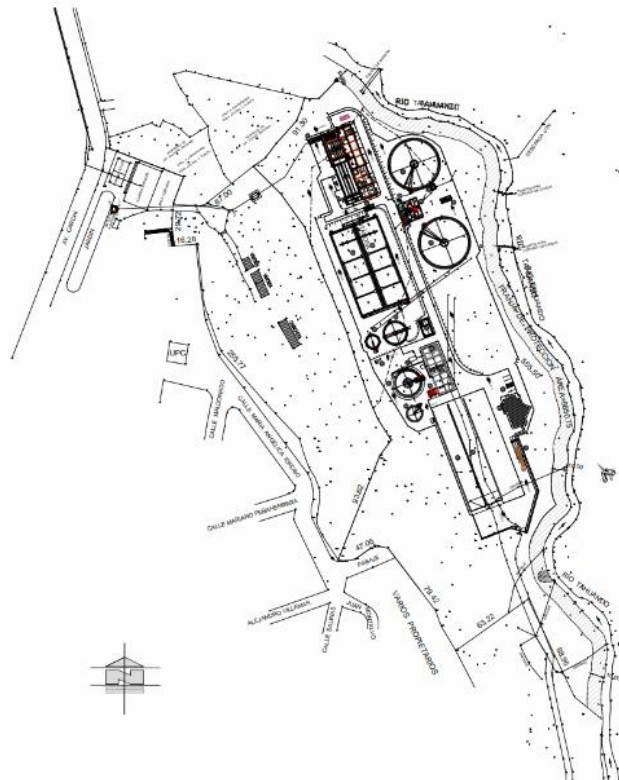
La ingeniería ambiental es esencial para el diseño de sistemas de tratamiento terciario en la planta de tratamiento de aguas en Ibarra, asegurando que el proceso cumpla con las regulaciones ambientales y estándares gubernamentales. Se enfoca en la selección y diseño de tecnologías que minimizan el impacto ambiental y garantizan la calidad del agua tratada. Esto implica la remoción efectiva de contaminantes específicos y la minimización de subproductos nocivos durante el tratamiento terciario. Además, se evalúa el impacto ambiental del proceso en los ecosistemas circundantes, proponiendo medidas para mitigar cualquier efecto negativo y preservar la biodiversidad local. (Sergio E. Martínez Rivera & Yolanda Trápaga Delfín, 2012)

En resumen, la colaboración interdisciplinaria de las ingenierías hidráulica, estructural, geotécnica y ambiental es fundamental para desarrollar un sistema de tratamiento terciario robusto y seguro en la planta de tratamiento de aguas de Ibarra. Esta integración de conocimientos asegura la efectividad y sostenibilidad a largo plazo del proceso de tratamiento, garantizando un suministro de agua limpio y seguro para la comunidad.

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

En el proceso de diseño de la planta de tratamiento terciario, se llevó a cabo un exhaustivo trabajo de campo con el objetivo de recopilar información esencial y obtener una comprensión profunda de la planta existente y los parámetros de calidad del agua. Una visita técnica a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) IBARRA permitió a nuestro equipo adentrarse en los procesos y operaciones de tratamiento. Durante esta visita, se tuvo la oportunidad de conocer de cerca los componentes de la PTAR, así como para la obtención de datos de laboratorio asociados.

Figura 2.3.
Implantación de la PTAR IBARRA [ACCIONA, 2017]



La colaboración con la operadora de la PTAR IBARRA fue fundamental para acceder a los datos de laboratorio necesarios. La operadora lleva a cabo una serie de ensayos y análisis de rutina para controlar tanto la calidad del efluente tratado como la calidad de los afluentes que ingresan al sistema. Estos análisis incluyen la medición de parámetros críticos como DBO5, DQO, SS y NTK, que son esenciales para evaluar la eficiencia del proceso de

tratamiento y la calidad del agua a lo largo de la planta. La información proporcionada por la operadora de la PTAR IBARRA se convirtió en un recurso invaluable para orientar nuestro diseño y garantizar que los requisitos de calidad del agua se cumplan en el proyecto de tratamiento terciario.

Figura 2.4.
Recorrido general por la PTAR IBARRA-EMAPAI



Figura 2.5.
Visualización de Decantador Secundario PTAR IBARRA-EMAPAI



2.4 Análisis de datos

La importancia de tratar aguas residuales no solo radica en su eliminación adecuada, sino también en su potencial reutilización, como es el caso de este proyecto. La planta de tratamiento de aguas residuales que estamos diseñando tendrá como objetivo principal convertir el agua residual proveniente de una población de 197,809 habitantes en un recurso valioso para el riego de plantas ornamentales. Aunque existen plantas de tratamiento primario y secundario en la localidad, la implementación de una planta de tratamiento terciario se vuelve crucial para elevar la calidad del agua residual a un nivel que cumpla con los estándares necesarios para este tipo de aplicación, para lo cual usaremos la normativa TULSMA.

La calidad del agua residual tratada es un elemento central en el diseño de la planta terciaria. Los valores iniciales de DBO5 de 210 ppm, DQO de 500 ppm, SS de 210 ppm y NTK de 40 ppm indican una carga significativa de contaminantes orgánicos, sólidos suspendidos y nitrógeno. Sin embargo, el proceso de tratamiento terciario se centrará en reducir aún más estos parámetros y en la eliminación de posibles contaminantes emergentes, garantizando que el agua tratada sea segura para su uso en el riego de plantas ornamentales, evitando posibles impactos negativos en la salud de las plantas y el entorno circundante.

El diseño de esta planta de tratamiento terciario requerirá la implementación de tecnologías avanzadas, como puede ser: filtración, la desinfección o la eliminación de nutrientes, con el objetivo de obtener un efluente de alta calidad. Además, se deben tener en cuenta las condiciones climáticas locales, los patrones de riego y la gestión sostenible de recursos hídricos para garantizar que la operación de la planta sea eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

A lo largo de este ensayo, exploraremos en detalle las tecnologías y procesos específicos necesarios para diseñar una planta de tratamiento terciario que cumpla con los requisitos de calidad del agua para el riego de plantas ornamentales y promueva la sostenibilidad en la gestión de los recursos hídricos en esta comunidad.

2.4.1 Datos de entrada y salida del diseño teórico

Parámetros requeridos a la salida para riego. Límites máximos permisibles.

Tabla 2.1

Normativa de límites máximos permisibles para riego. Acuerdo ministerial 097-A [TULSMA,2015]

CARACTERÍSTICA	Tabla 8	Tabla 9
	Límite Máximo Permisible	Límite Máximo Permisible
Aceites y grasas	70	30
Explosivos o inflamables	CERO	
Alkil mercurio	No detectable	No detectable
Aluminio Arsénico total	5	5
Bario	0.1	0.1
Boro Total	0	2
Cadmio	0	2
Cianuro Total Cinc	0.02	0.02
[Cloro Activo Cloroformo	1	0.1
Cloruros	0.2	0.1
Cobalto total	0.05	1000
Cobre	0.5	0.5
Compuestos fenólicos	250	1
Compuestos organoclorados	500	0.2

2.4.2 Análisis de Datos de Diseño

Los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se han diseñado para la siguiente población y caudales.

Tabla 2.2

Datos de diseño de la PTAR Ibarra [EMAPA-I, 2017]

PARAMETRO	CANTIDAD	Unidad
AÑO DE DISEÑO	2037	
POBLACIÓN	197809	hab.
DOTACIÓN	200	l/hab/dia
CAUDAL DIARIO	39562	m3/h
CAUDAL HORARIO	1648	m3/h
CAUDAL DE PUNTA	3312	m3/h
CAUDAL MAXIMO	6624	m3/h

Carga contaminante: Los valores de contaminación del agua residual adoptados se reflejan de los datos de estudios previos y demografía.

Tabla 2.3

Datos de un agua residual urbana estándar [EMAPAI, 2017]

PARAMETRO	CANTIDAD	Unidad
-----------	----------	--------

DBO5	210	ppm
SS	210	ppm
DQO	500	ppm
NTk	40	ppm

2.4.3 Estructura actual de la PTAR

La estructura de entrada, y el tratamiento preliminar, comprendiendo hasta el desbaste de sólidos finos, estarán ubicados en un único edificio, se enumera las estructuras:

- Medida de caudal afluente
- Estructura de entrada y by pass general.
- Pozo de gruesos. Este pozo ha sido diseñado para el caudal máximo de entrada a la PTAR con un tiempo de retención de 1 min, por lo que se adopta un volumen útil de 113,03 m³ de capacidad.
- Rejilla de impacto.
- Rejilla de desbaste y estructuras de control
- Rejilla de sólidos gruesos.
- Rejillas de sólidos finos
- Canal de By pass
- Desarenador Desengrasador.
- Eliminación de arenas a depósitos.
- Eliminación de grasas y aceites.

2.4.4 Análisis de datos del efluente actual del tratamiento secundario.

El agua decantada se envía al tratamiento biológico mediante un colector, que alimentará a un canal de reparto a tratamiento biológico que ha sido diseñado a velocidad constante realizándose el reparto a cada reactor mediante vertedero y compuerta motorizada.

El tratamiento biológico se realizará en dos líneas de lodos activos de flujo pistón, con aireación por difusores e incluirá las siguientes operaciones:

- Zona Anoxia
- Aireación en reactor biológico.
- Recirculación de lodos.

En el sistema de tratamiento adoptado, tratamiento biológico de alta carga, mediante lodos activos, es necesaria la realización de una recirculación externa de lodos.

En el proceso de lodos activados, después de separar el agua tratada y la biomasa, es necesario reintroducir esta última de forma constante, con la deducción correspondiente de los lodos en exceso, con el objetivo de mantener la masa activa.

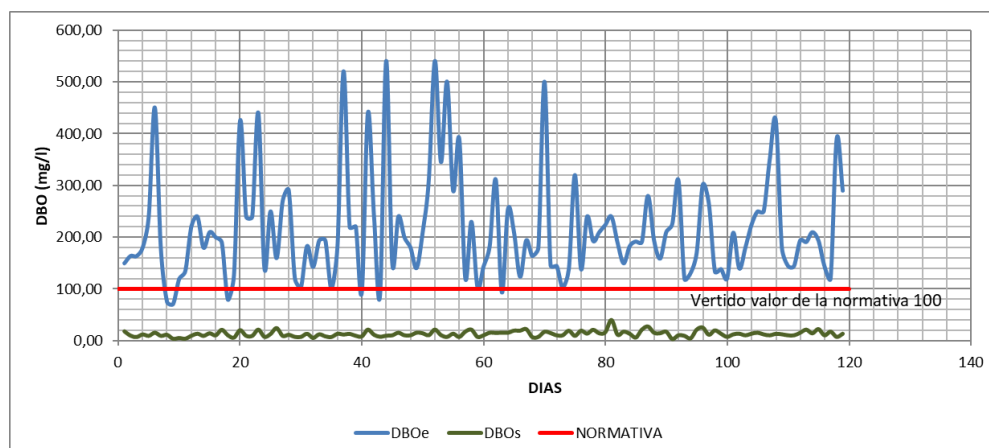
La recirculación de fangos se ha previsto con bombas, sumergibles desde la última cámara oxica o desde el decantador secundario.

Se realiza el suministro de aire producido por los sopladores mediante los difusores propuestos, de membrana de caucho EPDM de 9", instaladas sobre tubos de PVC de 110 mm los cuales son regulados en altura mediante soportes en forma de "U" con extremos roscados, permitiendo su nivelación por ajuste de las tuercas dispuestas en dichos extremos.

En la visita realizada el 13 de noviembre se recibió la base de datos de caudal, DBO, DQO y SST de las diferentes unidades del sistema para los años 2022 y 2023, cuyo análisis general se presenta a continuación.

Figura 2.8.

Variación estadística de la DBO de entrada y salida de la PTAR [EMAPAI, 2022]

**Tabla 2.4**

Eficiencia de remoción para DBO-DQO-SST PTAR [EMAPAI, 2022]

	EFICIENCIA TOTAL AÑO 2022		
	DBO	DQO	SST
PROMEDIO EFICIENCIA	93,01	92,11	91,26
MAXIMA EFICIENCIA	98,63	98,71	99,64
MINIMA EFICIENCIA	83,33	73,00	58,67
PROMEDIO EFICIENCIA	93,01	92,11	91,26
MAXIMA EFICIENCIA	98,63	98,71	99,64
MINIMA EFICIENCIA	83,33	73,00	58,67

Respecto a los caudales tratados es importante recalcar que la PTAR aun no alcanza el 100% de su capacidad, por cuanto el Municipio de Ibarra lleva a cabo el proceso de direccionamiento de los sectores de la ciudad a la PTAR; al momento se encuentra aportando los colectores Ajavi Carchi y Piedra Chapetona.

2.5 Análisis de alternativas

Humedales Superficiales: Los humedales superficiales son una excelente opción para zonas rurales con presupuestos limitados, ya que, son sistemas naturales de tratamiento que pueden ser diseñados y construidos a un costo inicial relativamente bajo. Además, son efectivos para eliminar nutrientes y materia orgánica, a través de procesos biogeoquímicos. Los humedales superficiales son sostenibles y de bajo mantenimiento, por lo que se recomienda para zonas rurales (Guamán Mendoza et al., 2016).

Figura 2.9.

[Depurar aguas residuales con humedales artificiales una alternativa para pequeñas poblaciones, 2022]



Este costo inicial es menor en comparación con otros métodos de tratamiento de aguas residuales debido a la simplicidad de su diseño. Además, los humedales superficiales tienen bajos costos operativos y de mantenimiento, por lo que, requieren poco o ningún consumo de energía y no implican costos significativos de reposición de equipos o productos químicos. Esto los hace adecuados para áreas con presupuestos limitados.

- **Inversión Inicial** (por metro cuadrado de humedal): En los EE. UU el costo promedio que se dio por construir fue de \$4,000 y \$20, 000 por hectárea (Crites et al. 2006).
- **Costo de Operación y Mantenimiento** (anual): Aproximadamente \$2000 al año, estos precios se deben a mano de obra, así como de herramientas para limpiar y cuidar las plantas (Encalada Narvaez & Grunauer Zambrano, 2023).
- **Costo del Agua Tratada y Reutilizada**: Bajo, principalmente costos de operación y mantenimiento.

Con un mantenimiento adecuado, la vida útil de este tipo de tratamiento solo dependerá de la vida útil de la estructura, en la normativa ecuatoriana este tipo de infraestructura debe de tener por lo menos 20 años de vida útil (Purdue 1999).

- **Participación Comunitaria**: Los humedales superficiales pueden involucrar a la comunidad mantenimiento, ya que, es muy simple de realizarlo, esta puede ser una

oportunidad para educar a la comunidad sobre la importancia de la conservación del agua y los ecosistemas acuáticos.

- **Beneficios y Desventajas Socioculturales:** Estos sistemas pueden ser visualmente atractivos y proporcionar áreas de recreación, lo que puede ser beneficioso para la comunidad.
- **Salud y Seguridad:** Los humedales superficiales generalmente no plantean preocupaciones significativas de salud o seguridad para la comunidad, ya que su operación es principalmente natural.

Los humedales superficiales se destacan por su bajo impacto ambiental. Estos sistemas aprovechan procesos naturales y la vegetación existente, lo que promueve la biodiversidad y crea hábitats para la vida silvestre. Además, la falta de energía y la ausencia de productos químicos agresivos los convierten en una de las mejores opciones amigables con el medio ambiente (Pasciucco et al., 2022).

Tabla 2.5

Eficiencia de remoción para DBO-DQO-SST PTAR [(María Reyes et al., 2013)

Autor	Carga	Rendimiento
Barros, 2009	8- 23 g DBO5 /m2/d	80 % DBO5 60–80 % NH4+
Matamoros et al., 2007	3– 37 g DBO5 /m2/d (CH: 1.3 – 16 cm/d)	97 –99 % DBO5 99 % NH4+
Salas, 2010	17 g DBO5 /m2/d	94 % DBO5 88 %DQO5 67 % NH4+ 72% NT
Tietz et al., 2007	20 g DQO/m2/d (CH: 6 cm/d)	95 % DQO 99 % NH4+

Lagunas Aerobias: Las lagunas aerobias también son una opción económica, ya que, utilizan procesos biológicos para descomponer la materia orgánica y eliminar patógenos. Son relativamente simples de construir y mantener. Sin embargo, requieren más espacio en comparación con otros sistemas de tratamiento de agua residual (Nodal, 2001).

Las lagunas aerobias también se destacan por su asequibilidad. Tienen costos iniciales bajos debido a la falta de equipos costosos. Además, los costos operativos y de

mantenimiento son mínimos en comparación con otros tratamientos. El mantenimiento se centra en la limpieza y la inspección rutinaria, lo que reduce los costos a lo largo de la vida útil del sistema.

- **Inversión Inicial** (por metro cúbico de capacidad): Laguna de Oxidación Aerobia (Flujo Superficial): Costo estimado: Entre \$5,000 y \$20,000 dólares, mientras que la laguna de Oxidación Aerobia (Flujo Sub-superficial Horizontal) tiene un costo estimado: En el rango de \$15,000 a \$50,000 dólares (Patiño Gómez, 2012).
- **Costo de Operación y Mantenimiento** (anual): Aproximadamente \$1,000 al año, esto se debe a que se pueden hacer varios mantenimientos en un mismo mes por el aumento del caudal (Encalada Narvaez & Grunauer Zambrano, 2023).
- **Costo del Agua Tratada y Reutilizada**: Bajo, principalmente costos de operación y mantenimiento.

Las lagunas aerobias tienen un impacto ambiental relativamente bajo. Aunque su diseño no fomenta la biodiversidad de la misma manera que los humedales, su operación silenciosa y la falta de cambios significativos en el paisaje las hacen adecuadas para áreas sensibles desde el punto de vista ambiental (Pasciucco et al., 2022).

- **Beneficios y Desventajas Socioculturales**: Las lagunas aerobias tienen menos impacto en el paisaje y su aceptación comunitaria suele ser alta. Sin embargo, pueden requerir cierta inversión en infraestructura.
- **Participación Comunitaria**: Las lagunas aerobias requieren menos intervención de la comunidad en su funcionamiento, pero su diseño y ubicación pueden ser objeto de discusión y aprobación comunitaria. Generalmente, son bien aceptadas por la comunidad debido a su bajo impacto visual y operación silenciosa.
- **Salud y Seguridad**: Las lagunas aerobias no presentan riesgos significativos para la salud o la seguridad de la comunidad, ya que su operación es segura y controlada.

Desinfección UV: Si la prioridad principal consiste en desinfectar el agua y te enfrentas a limitaciones financieras, podrías contemplar la opción de utilizar desinfección

ultravioleta. En el caso de que ya dispongas de una planta de tratamiento de aguas residuales, la incorporación de una unidad de desinfección UV podría representar una inversión eficaz para asegurar la seguridad microbiológica del agua con costos operativos reducidos.

Aunque la desinfección UV implica costos iniciales moderados debido a la inversión en equipos de radiación UV, sus costos operativos y de mantenimiento son bajos en comparación con otros métodos. Los sistemas de desinfección UV son eficientes energéticamente y no requieren productos químicos. Esto reduce los gastos operativos a lo largo del tiempo y los hace adecuados para lugares que buscan una solución de bajo costo a largo plazo (Aguirre et al., 2004).

- **Inversión Inicial:** Puede variar según la capacidad, pero generalmente oscila entre \$20,000 y \$70,000, con un coste de lámparas que varía entre los \$300 y \$1300, mientras que su construcción va relacionada con la siguiente fórmula (% del costo de lámparas UV) *150 dependiendo del tipo de lámparas que se utilicen («Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con luz ultravioleta», 1999).
- **Costo de Operación y Mantenimiento (anual):** Puede variar entre \$5,000 y \$20,000 anuales, estos precios se deben mayormente a la energía eléctrica y al control de procesos («Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con luz ultravioleta», 1999).
- **Costo del Agua Tratada y Reutilizada:** Bajo. La desinfección UV se considera una opción respetuosa con el medio ambiente. Utiliza radiación ultravioleta para desinfectar el agua, sin la introducción de productos químicos ni cambios en la calidad del agua. Esto minimiza el impacto en los ecosistemas acuáticos receptores y reduce la generación de subproductos dañinos. Además, no requiere una gran cantidad de espacio, lo que es beneficioso en áreas donde el espacio es limitado.

- **Participación Comunitaria:** La desinfección UV requiere menos intervención comunitaria en su funcionamiento, ya que es un proceso automático. Su instalación y mantenimiento son generalmente realizados por personal técnico capacitado.
- **Beneficios y Desventajas Socioculturales:** La desinfección UV es discreta y no altera el paisaje, lo que la hace adecuada para entornos urbanos. Puede ser bien aceptada por la comunidad.
- **Salud y Seguridad:** La desinfección UV es segura para la salud y el medio ambiente, ya que no introduce productos químicos ni genera subproductos peligrosos.

Cloración: Este sistema de tratamiento implica una inversión en equipos de cloración y el costo continuo de productos químicos. A pesar de estos costos iniciales, los costos a largo plazo son bajos, ya que la cloración es un proceso eficaz y eficiente en el proceso de tratamiento de agua residual (Aguirre et al., 2004).

El tratamiento por cloración se caracteriza por su bajo impacto ambiental. No altera la calidad del agua ni el hábitat, ya que el proceso se basa en la adición controlada de cloro para la desinfección. Sin embargo, se debe tener precaución en la manipulación y eliminación segura de los productos químicos utilizados para evitar impactos ambientales negativos. La dosis correcta de cloro para que no altere el entorno en donde se descarga el agua tratada depende entre otros factores del contenido microbiano y suele oscilar entre dosis de 5-10 mg/l (Siguí Gil, 2022).

Sin embargo, entre las más destacables, la alternativa relacionada con el proceso de Cloración presenta diversos beneficios como:

Conservación del recurso hídrico del agua: Al estar en periodos donde la escasez del agua es evidente, la reutilización del agua tratada beneficia significativamente la conservación del recurso.

- **Inversión Inicial (Por dosis):** Puede variar entre \$40,000 y \$80,000 dólares dependiendo de la dosis necesaria y el caudal a tratar («Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con cloro», 1999).

- **Costo de Operación y Mantenimiento (anual):** Puede variar entre \$5,000 y \$20,000 anuales, estos precios se deben mayormente a la energía eléctrica y al control de procesos («Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con luz ultravioleta», 1999).
- **Costo del Agua Tratada y Reutilizada:** Bajo.

Al proporcionar agua tratada y enriquecida con nutrientes, se reduce la necesidad de aplicar estos químicos para el cuidado de las plantas y evitar efectos secundarios a largo plazo, debido a que, se trabaja con materiales perjudiciales para la salud.

- **Participación Comunitaria:** La cloración puede requerir capacitación y participación comunitaria en el manejo del cloro y la supervisión del proceso de desinfección. La capacitación es esencial para garantizar la seguridad en el manejo de productos químicos.
- **Beneficios y Desventajas Socioculturales:** La cloración puede ser aceptada por la comunidad debido a su simplicidad y eficacia en la desinfección. Sin embargo, se debe prestar atención a la seguridad en el manejo de productos químicos.
- **Salud y Seguridad:** El manejo adecuado del cloro es fundamental para garantizar la seguridad de la comunidad y evitar riesgos para la salud y el medio ambiente.

2.5.1 Matriz de Evaluación de Alternativas para PTAR Terciaria:

En el presente proyecto se establecieron las siguientes escalas para los parámetros:
Eficiencia-Sostenibilidad-Costo-Complejidad

- **Muy eficiente:** 5
- **Buena:** 4
- **Moderada:** 3
- **Regular:** 2
- **Baja:** 1

Tabla 2.6
Cuadro de comparación de alternativas

Opción de Tratamiento	Eficiencia (0-5)	Sostenibilidad (0-5)	Costos (0-5)	Complejidad (0-5)	PUNTAJE
Cloración	3: Eficiencia: Elimina patógenos, pero su eficiencia puede variar según las condiciones locales y la concentración de cloro. Genera subproductos químicos. Sensible al pH y temperatura.	2: Sostenibilidad: Requiere suministro continuo de cloro y monitoreo constante. Al tener presencia de DQO Y DBO se pueden generar cloraminas y malos olores.	3: Costos: Moderados: Costos operativos y de mantenimiento que van en un rango de \$45000 y \$100000.	1: Complejidad: Alta debido al espacio limitado que existe en la PTAR.	9
Humedales	4: Eficiencia: Elimina nutrientes, sólidos suspendidos y algunos contaminantes orgánicos. Eficiencia depende del diseño y mantenimiento.	4: Sostenibilidad: Alta: Utiliza procesos naturales y no requiere productos químicos.	2: Costos: Moderados a bajos: Costos iniciales para construcción y vegetación que van en un rango de \$7000 y \$20000.	1: Complejidad: Moderada: Requiere diseño específico y monitoreo. Además, se tiene actualmente un área limitada para su implementación	11
Desinfección UV	5: Eficiencia: Inactiva rápidamente microorganismos sin subproductos químicos.	3: Sostenibilidad: Moderada: Requiere energía eléctrica para las lámparas UV.	3: Costos: Moderados: Costos de instalación y mantenimiento que van en un rango de \$15000 y \$70000.	5: Complejidad: Baja: Proceso automatizado.	16
Lagunas Aerobias	3: Eficiencia Moderada: Elimina materia orgánica y nutrientes. Rendimiento variable según la temperatura y mezcla aire-agua.	3: Sostenibilidad: Moderada: Requiere monitoreo y mantenimiento	1: Costos Bajos: Costos operativos y de mantenimiento que van entre \$5000 y \$20000.	1: Complejidad Alta: Requiere diseño adecuado y control de oxígeno.	8

Acorde al análisis de alternativas realizado, se puede denotar que la opción factible más sostenible y ejecutable es el tratamiento por desinfección ultravioleta. Esto debido a los

beneficios que otorga para cada campo estudiado y a su nivel de factibilidad para la implementación de este proyecto integrador

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseño de Tratamiento Terciario

El tratamiento propuesto a diseñar, acorde a la selección de alternativas realizada en el punto 2.5, corresponde a un tratamiento de desinfección Ultravioleta. Este proceso permitirá el pulimiento necesario para garantizar el reúso del efluente tratado por la PTAR IBARRA para el riego de plantas ornamentales alrededor de la zona estudiada.

Los parámetros de diseño considerados para este tipo de tratamiento son los siguientes:

Tabla 3.1

Agentes patógenos presentes [Crites and Tchobanoglous, 1998]

PARAMETRO	CONCENTRACIÓN	Unidad
DBO5	13,40	(mg/l)
DQO5	21,10	(mg/l)
SST	4,00	(mg/l)
Coliformes	920,00	(NMP/100ml)

La desinfección se postula como el procedimiento primordial para la inactivación o erradicación de organismos patógenos, con la finalidad de prevenir la diseminación de enfermedades transmitidas por medio del agua, tanto a usuarios aguas abajo como al entorno circundante. Resulta imperativo someter el agua residual a un tratamiento apropiado antes de llevar a cabo las operaciones de desinfección, con el propósito de asegurar la eficacia de cualquier agente desinfectante. La Tabla 3.2 exhibe algunos de los microorganismos típicamente identificados en aguas residuales domésticas, así como las enfermedades asociadas a los mismos.

Tabla 3.2

Agentes patógenos presentes [Crites and Tchobanoglous, 1998]

TABLA 1 AGENTES INFECCIOSOS
POTENCIALMENTE PRESENTES EN AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS NO TRATADAS

Organismo	Enfermedad Causada
Bacterias	
<i>Escherichia coli</i> (enterotoxigeno)	Gastroenteritis
<i>Leptospira</i> (spp.)	Leptospirosis
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea
<i>Salmonella</i> (2,100 serotipos)	Salmonelosis
<i>Shigella</i> (4 spp.)	Shigellosis (disentería bacilar)
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
Organismo	Enfermedad Causada
Protozoos	
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiasis
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Cryptosporidiasis
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis (disentería amoébrica)
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis
Helmintos	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis
<i>T. solium</i>	Teniasis
<i>Trichuris trichiura</i>	Tricuriasis
Virus	
Virus entéricos (72 tipos; por ejemplo: virus echo y coxsackie del polio)	Gastroenteritis, anomalías del corazón y meningitis.
Hepatitis A	Hepatitis de tipo infeccioso
Agente de Norwalk	Gastroenteritis
Rotavirus	Gastroenteritis

3.1.1 Cálculos Previos**3.1.1.1 Cuantificación de Microorganismos**

La cuantificación de microorganismos, específicamente coliformes totales y fecales, se llevó a cabo mediante la técnica de fermentación de tubos múltiples, utilizando el método del número más probable, conforme a las directrices establecidas por APHA et al. (1998).

Para evaluar el impacto del tratamiento con luz ultravioleta (UV) en la carga microbiana de las aguas residuales, se el porcentaje de remoción necesario para cumplir con los estándares definidos en la TULSMA.

$$(Ec.1) \% \text{ remoción requerida} = \frac{\text{Coliformes iniciales} - \text{Coliformes finales}}{\text{Coliformes iniciales}} \times 100$$

Se calculó el % de remoción actual de la planta, donde:

- **C. iniciales:** 920 NMP/100ml [EMAPA-I,2023]
- **C. finales:** 540 NMP/100ml (Límite máximo permisible para riego en el anexo 1 del A.M.097-A, TULSMA. MAATE, 2015)

$$\% \text{ remoción requerida} = \frac{920 - 540}{920} \times 100$$

$$\% \text{ remoción requerida} = 41.30\% \text{ de remoción requerida}$$

3.1.1.2 Coeficiente de especie (Ke):

Para el cálculo de riego que se empleara a beneficio de las necesidades hídricas, se encuentran los siguientes tipos de plantas, con sus respectivos coeficientes de especies (Ke) (Coor et al., 2021):

Tabla 3.3

Coeficiente de especies presentes en los alrededores de la zona [Manual de riego de jardines, 2022]

Flora	Nombre científico	Coeficiente de especie (Ke)
Cholán	Tecoma Stans	0,8
Sauce	Salic spp	0,5
Naranja	Citrus Spp	0,5

El coeficiente de especies definitivo se obtiene a partir del promedio existente entre los coeficientes de cada tipo de planta perteneciente a la zona:

$$\text{Ec.2 } K_e = \frac{(K_{e1} + K_{e2} + K_{e3})}{ne}$$

$$\text{Ec.2 } K_e = \frac{(0.8 + 0.5 + 0.5)}{3}$$

$$\text{Ec.2 } K_e = 0.6$$

3.1.1.3 Coeficiente de densidad (Kd):

Usualmente este tipo de áreas suelen diferir considerablemente en cuanto a sus densidades de vegetación. Cabe recalcar que en los jardines de gran densidad, las pérdidas de agua suelen ser mayoritarias. Al igual que el coeficiente de especie (Ke) el coeficiente de

densidad está en función del tipo de vegetación. Para ello tenemos los siguientes tipos de vegetación(Coor et al., 2021):

Tabla 3.4

Coefficientes de densidad presentes en los alrededores de la zona [Manual de riego de jardines, 2022]

Tipo de Vegetación	Coeficientes de densidad (Kd)			
	Nivel	Alto	Medio	Bajo
Árboles		1,3	1	0,5
Arbustos		1,1	1	0,5
Tapizantes		1,1	1	0,5
Plantación Mixta		1,3	1,1	0,6
Césped		1	1	0,6

En este caso, se tiene un área con flora simple pero diversa conformada por árboles y arbustos, categorizándola como una plantación de tipo mixta, con una densidad moderada con un coeficiente de densidad de **1.1**, abalado por EMAPA-I, y basado en el manual de riego de jardines correspondiente.(Coor et al., 2021)

3.1.1.4 Coeficiente de microclima (Km):

Dentro de los factores que alteran las perdidas globales de agua en una zona vegetal también se ve afectada por las condiciones climáticas. Estas condiciones, son también conocidas como microclimas. La determinación el factor de microclima depende del tipo de vegetación planteada y de las variaciones climáticas en la zona, expuestos en la tabla 3.5(Coor et al., 2021):

Tabla 3.5

Coefficientes de microclima presentes en los alrededores de la zona [Manual de riego de jardines, 2022]

Tipo de Vegetación	Coeficientes de microclima (Km)			
	Nivel	Alto	Medio	Bajo
Árboles		1.4	1	0,5
Arbustos		1.3	1	0,5
Tapizantes		1.2	1	0,5
Plantación Mixta		1.4	1	0,5
Césped		1.2	1	0,8

Al ser un área con flora simple pero diversa conformada por árboles y arbustos, se ha categorizado como una plantación de tipo mixta, con una variación climática leve, ya que es un clima monótono, se ha establecido un coeficiente micro climático de **0.5** abalado por EMAPA-I, y basado en el manual de riego de jardines correspondiente. (Coor et al., 2021)

3.1.1.5 Coeficiente de jardín (Kj):

Este factor describe inicialmente las necesidades hídricas en las plantas del jardín teniendo en cuenta los 3 coeficientes evaluados anteriormente:

- Coeficiente de especies (Ke)
- Coeficiente de densidades (Kd)
- Coeficiente de microclima (Km)

Este coeficiente se calcula a partir de la ecuación 2:

$$\text{Ec.2) } K_j = K_e * K_d * K_m$$

$$\text{Ec.2) } K_j = 0.6 * 1.1 * 0.5$$

$$\text{Ec.2) } K_j = 0.33$$

3.1.1.6 Cálculo de Área de flujo:

El caudal de irrigación (Qr) establecido fue de 0.81 m³/s, conforme a la recomendación de los requerimientos para plantaciones mixtas acorde al manual de riego para jardines ((Coor et al., 2021).

Tabla 3.6

Caudales de riego (Qr) según coeficiente de jardín (kj) [Manual de riego de jardines, 2021]

Coeficiente Kj	Qr (m3/s)
<0.5	0,81
0.5<kj<0.6	1,33
0.6<kj<0.7	1,65
0.7<kj<0.8	2,05
0.8<kj<0.9	2,30
0.9<kj<1	2,50

Para la determinación de la velocidad de flujo (V), se seleccionó un valor de 0.6 m/s, que corresponde a la velocidad mínima necesaria para prevenir la sedimentación de sólidos (Villalobos A., 2005).

$$(Ec.2) \quad Qr = Aflujo * V$$

$$A_{Flujo} = \frac{Qr}{V} = \frac{0.81m^3/s}{0.6m/s} = 1.35 m^2$$

$$A_{Flujo} = 1.35 m^2$$

Donde:

- **Qr: Caudal de irrigación (m3/s)**
- **A: Área de flujo (m2)**
- **V: Velocidad de flujo (m/s)**

3.1.1.7 Cálculo del ancho de equipo:

El cálculo del área de flujo se llevó a cabo mediante la aplicación de la ecuación 2. Además, la determinación del ancho (w) del equipo se realizó utilizando la ecuación 3, considerando una altura (h) de 1.5 m, correspondiente a la profundidad típica de las bandejas de vidrio empleadas en las pruebas de radiación UV. (Montemayor M. et al., 2008a)

$$(Ec.3) \quad A = h * w$$

$$w = \frac{A}{h} = \frac{1.35}{1.5} = 0.9 cm$$

$$w_{ancho} = 0.9 cm$$

Donde:

- **A: Área de flujo (cm2)**
- **h: Altura (cm)**
- **w: Ancho (cm)**

3.1.1.8 Cálculo de la Longitud de equipo:

A continuación, se realizó el cálculo de la longitud del dispositivo (L) mediante la utilización de la ecuación 4, contemplando un tiempo de retención de 12.5 segundos (t):(Montemayor M. et al., 2008a)

$$(Ec.4) V = \frac{L}{t}$$

$$L = V * t_r = 0.6 * 12.5 = 7.5 \text{ m}$$

3.1.1.9 Cálculo de Área de Exposición:

Una vez calculada la longitud del equipo y el ancho, se calculó el área de exposición dada por la siguiente expresión(Montemayor M. et al., 2008a)

$$A_{\text{exposición}} = L * w = 7.5 * 0.9 = 6.75 \text{ m}^2$$

3.1.1.10 Cálculo de Dosificación:

Finalmente, se procede a calcular la dosis a partir del planteo de una intensidad base por módulo de 0.6 mW/cm²(Montemayor M. et al., 2008b), a partir de la siguiente expresión (Montemayor M. et al., 2008a):

$$I = I_{\text{modulo}} * n = 0.6 * 2 = 1.2 \text{ mW/cm}^2$$

$$D = I * t = 1.2 * 12.5 = 15 \text{ mWs/cm}^2$$

3.1.2 Selección del Equipo para desinfección UV

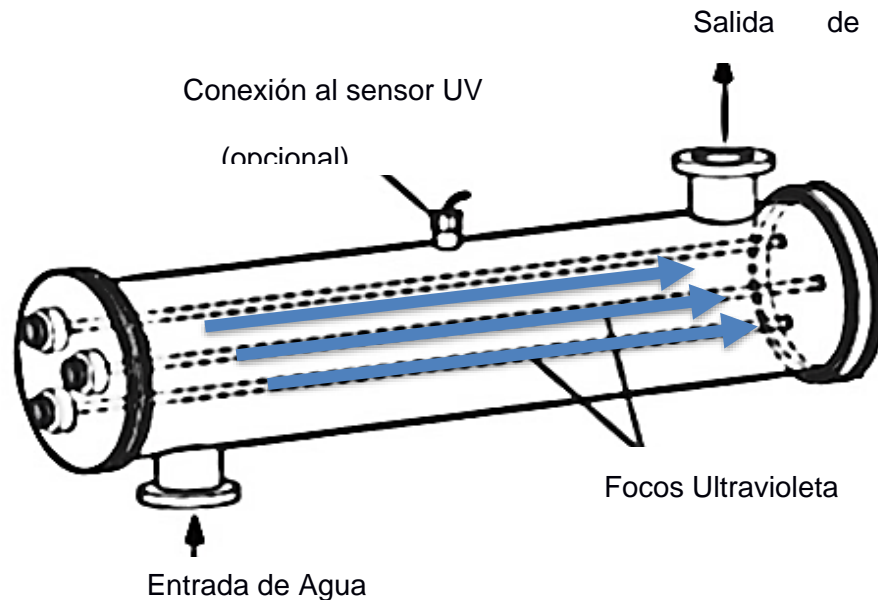
El sistema de desinfección mediante luz ultravioleta (UV) conlleva la transferencia de energía electromagnética desde una lámpara de vapor de mercurio al material genético del organismo, ya sea ADN o ARN. La radiación UV, generada por una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio, penetra en el material genético de los microorganismos, inhibiendo su capacidad reproductiva al destruir la estructura celular(Epa, s/f-a).

Cabe recalcar que La eficacia del sistema de desinfección con luz ultravioleta se encuentra condicionada por diversos factores, entre ellos las características del agua

residual, la intensidad de la radiación, el tiempo de exposición de los microorganismos a dicha radiación y la configuración del reactor (Epa, s/f-a).

Figura 3.1.

Esquemas de lámparas UV convencional [Pure Water Co.]



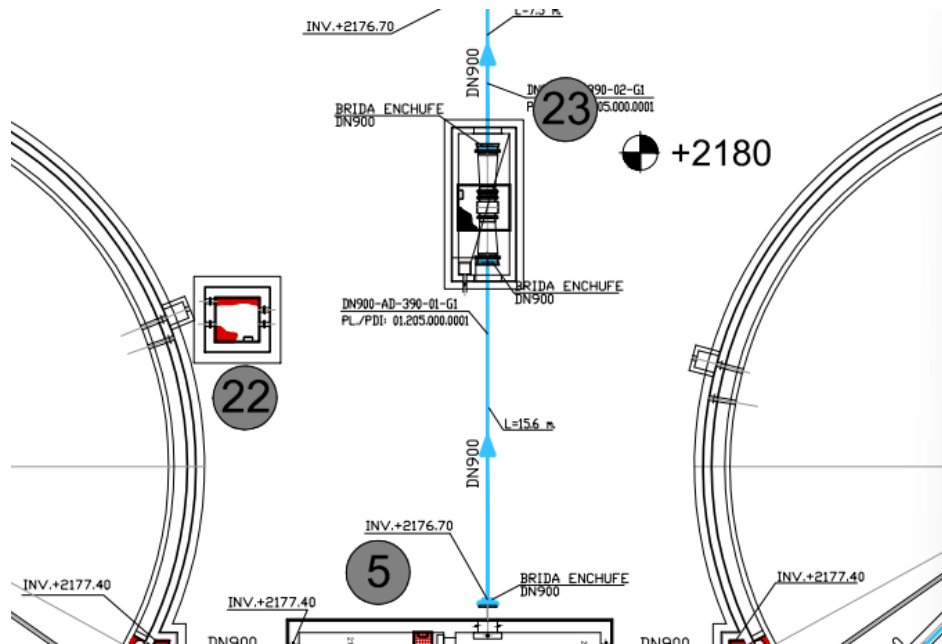
Los elementos fundamentales del sistema de desinfección mediante luz ultravioleta (UV) incluyen las lámparas de vapor de mercurio, el reactor y los balastos electrónicos. La fuente lumínica UV proviene de las lámparas de arco de mercurio de baja o mediana presión, ya sea con una intensidad lumínica baja o alta (Pure Water.co, 2023).

Los criterios para tener en cuenta para definir el tipo de sistema UV, son los siguientes:

- **Propiedades hidráulicas del reactor:** De manera óptima, nuestro sistema de desinfección basado en luz ultravioleta (UV) Exhibe un flujo uniforme con suficiente movimiento axial, permitiendo una mezcla radial eficiente para asegurar la máxima exposición a la radiación UV. La trayectoria seguida por un organismo en el reactor desempeña un papel crítico en determinar la cantidad de radiación a la cual se expone antes de su desactivación. El diseño del reactor se ha enfocado en eliminar el flujo en cortocircuito y las áreas estancadas o estáticas, manteniendo un tiempo de contacto recomendado de 25 segundos (Epa, s/f-b).

Figura 3.2.

Esquema de flujo uniforme actual en la ubicación del tratamiento [EMAPA-I]



- **Intensidad de la radiación UV:** Factores como la antigüedad de las lámparas, la acumulación de depósitos en las mismas, así como la configuración y ubicación de las lámparas en el reactor (Epa, s/f-b).
- **Características del agua residual:** Estas comprenden el caudal, los sólidos suspendidos y coloidales, la densidad bacteriana inicial y otros parámetros físicos y químicos. Tanto la concentración de sólidos en suspensión total (SST) como la de microorganismos asociados a las partículas determinan la cantidad de radiación UV que finalmente llega al organismo destinado a ser desactivado (Epa, s/f-b). A medida que estas concentraciones se incrementan, la absorción de radiación UV por parte de los organismos disminuye. Las diversas propiedades del agua residual y sus efectos en la desinfección mediante luz UV se detallan exhaustivamente en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7

Datos de calidad a tratar para selección de diseño [Glasco UV]

Calidad del agua	
Temperatura del agua.	35-50° C
SST	<30 mg/l
DBO	<30 mg/l
remoción	99,9% de reducción de heces

Acorde al análisis previo, se utilizó la matriz base de GLASCO UV para la respectiva selección de equipo:

Tabla 3.8

Matriz de selección de equipos [Glasco UV]

MODELO	EQUIPO	POSICIÓN	Configuración	Dosis (mWs/cm ²)	T.r. (s)/ modulo
VCS-40-HO	Baja Presión	Horizontal	De Contacto	(5-10)	12.5
VCS-40-HO	Baja Presión	Vertical	De Contacto	(10-15)	12.5
VC-40-HO	Baja Presión	Vertical	De Contacto	(12.95-19.5)	12.5
VC-A300	Baja Presión	Vertical	De Contacto	(15-25)	12.5

El modelo VC-40-HO de baja presión y de alta intensidad cumple con la dosificación necesaria de 15 mWs/cm² y el tiempo de retención base de 12.5 segundos. Además, al ser un sistema de tipo vertical, se convierte en una opción óptima por la restricción de espacio en el área de implementación (Glasco, s/f).

Las lámparas de este tipo de sistemas bajan presión emiten principalmente luz monocromática con una longitud de onda de 253.7 nm. Las dimensiones estándar de estas lámparas abarcan longitudes de 1.5 metros, con diámetros de 2cm (Glasco, s/f).

La temperatura óptima de la superficie de la lámpara se encuentra dentro del intervalo de 35 a 50 °C(Glasco, s/f).

3.2 Especificaciones técnicas

3.2.1 RESUMEN DEL DISEÑO RESUMEN DEL EQUIPO

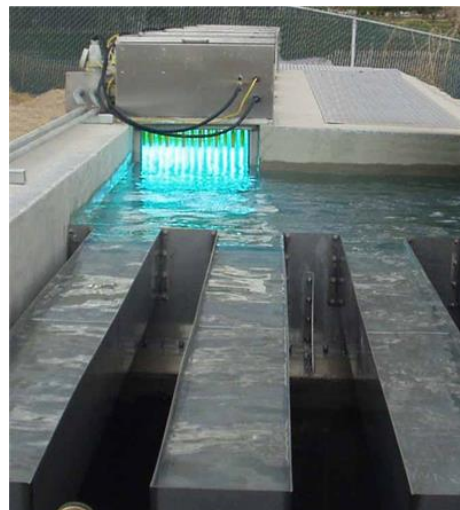
Tabla 3.9

Especificaciones de Sistema UV seleccionado

Dimensiones	
Longitud del canal	8.7 m
Ancho de banda	24"
Altura del canal	Flexible
Nivel de agua	1.5 m
caja de vertedero	1.08 m ²
Centro de distribución de energía	40" x 36" x 12" NEMA 4x acero inoxidable
Intensidad de lámparas	0.6 mW/cm ²
Dosis UV	15 mWs/cm ²
Integración	
Salida ultravioleta	4-20 mA de UV
Señal de flujo	4-20 mA a UV
PLC básico	AB Micrologix con Ethernet
Control remoto	H/O/A
Nombre del modelo	VC-40-HO
Tipo de sistema	Vertical
Configuración	Canal abierto
Tipo de lámpara	Baja presión y alto rendimiento 155 vatios
Lámparas por módulo	40
Canales	1
Módulos por canal	2
Lámparas por canal	80
Monitoreo ultravioleta	0-100% - 4-20 ma
Limpieza automática de cuarzo	Neumático
Estado de la lámpara	LED verdes
Control remoto	H/O/A
Voltaje	120-277 voltios
kW/h	6,8 kilovatios
Peso	400 libras

Figura 3.3.

Modelo VC-40-HO Vertical



3.2.2 Especificaciones para actividades del proyecto

3.2.2.1 Desbroce

Descripción. Consistirá en despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada, de acuerdo con las presentes especificaciones y demás documentos, en las zonas indicadas por el fiscalizador y/o señalados en los planos. Se procederá a cortar, desenraizar y retirar de los sitios de construcción, los árboles incluidos sus raíces, arbustos,

hierbas, etc. y cualquier vegetación en: las áreas de construcción, áreas de servidumbre de mantenimiento, en los bancos de préstamos indicados en los planos y proceder a la disposición final en forma satisfactoria al Fiscalizador, de todo el material proveniente del desbroce y limpieza.

Especificación. La limpieza deberá ser realizada manualmente o con maquinaria según el caso lo requiera. Se debe desalojar todo el material no usado proveniente del desbroce y la limpieza, este debe colocarse fuera del área de construcción debiendo depositarse en los sitios

Medición y forma de pago. Se medirá el área intervenida del terreno y que esté realmente limpio y su pago se lo efectuará por metro cuadrado m², con aproximación de dos decimales.

3.2.2.2 Movimiento de tierras [excavación, desalojo, mejoramiento]

Descripción. El movimiento de tierras se refiere a la manipulación y transporte de suelo, rocas y otros materiales en un sitio de construcción con el objetivo de nivelar terrenos, crear excavaciones o terraplenes, y preparar el área para proyectos de construcción. Este proceso implica la excavación, carga, transporte y descarga de material, así como la compactación del suelo según las necesidades del proyecto.

Especificación. Las especificaciones para el movimiento de tierras detallarán las cantidades y tipos de tierra que se deben mover, los métodos de excavación y transporte, así como los criterios de compactación. Además, se especificarán los equipos a utilizar, las tolerancias de nivelación y cualquier otro requisito técnico relevante para el proyecto.

Medición y forma de pago. La medición del movimiento de tierras se realizará según las cantidades especificadas en el proyecto en m³. Esto incluye la medición de volúmenes de material excavado o rellenado, la distancia de transporte y la compactación del suelo. Se utilizarán instrumentos de topografía y otros métodos de medición para garantizar la precisión. La forma de pago para el movimiento de tierras se basará en las cantidades medidas y aprobadas durante la ejecución del proyecto. Pueden establecerse tarifas por unidad de

volumen o distancia, y los pagos se realizan de acuerdo con el progreso del trabajo y la aprobación de las mediciones por parte del ingeniero de obra. Los plazos y condiciones de pago deben estar claramente definidos en el contrato, y cualquier ajuste a las cantidades originales debe ser acordado y documentado correctamente.

3.2.2.3 Replanteo

Descripción. El replanteo se refiere al proceso de nivelación y adecuación del terreno donde se instalarán los equipos de desinfección ultravioleta. Este proceso es crucial para asegurar la correcta alineación de las lámparas UV y optimizar la exposición de los microorganismos presentes en el agua residual al tratamiento de desinfección UV.

Especificación. Las especificaciones para el replanteo en sistemas de desinfección UV incluirán detalles sobre la preparación del terreno, la nivelación precisa, y los requisitos específicos para la instalación de las unidades de desinfección UV. Esto puede incluir la altura y alineación de las lámparas UV, así como la consideración de cualquier requisito de drenaje o fundación especial.

Medición y forma de pago. La medición del replanteo involucrará la verificación de las dimensiones especificadas en el proyecto, asegurando la correcta ubicación y nivelación del terreno para la instalación de los equipos de desinfección UV. Las mediciones se realizarán con instrumentos de topografía y se compararán con las tolerancias establecidas en las especificaciones. La forma de pago para el replanteo en sistemas de desinfección UV se basará en las mediciones verificadas y aprobadas durante la ejecución del proyecto. Los pagos se realizarán de acuerdo con los hitos del trabajo y la aprobación de las mediciones por parte del ingeniero de obra. Las tarifas y condiciones de pago estarán claramente definidas en el contrato, y cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

3.2.2.4 Hormigón de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$

Descripción. El hormigonado en sistemas de desinfección UV para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) implica la colocación y consolidación de concreto

de alta resistencia con una resistencia característica de 350 kg/cm² en las áreas designadas para la instalación de equipos de desinfección UV. Este proceso es esencial para proporcionar una base sólida y duradera que soporte las estructuras de los sistemas de desinfección UV.

Especificación. Las especificaciones para el hormigonado detallarán la composición exacta del hormigón FC 350, los procedimientos de colocación y compactación, y cualquier requisito especial relacionado con la resistencia y durabilidad del concreto. También se incluirán detalles sobre las dimensiones y tolerancias específicas para la instalación de las unidades de desinfección UV.

Medición y forma de pago. La medición del hormigonado implicará verificar las dimensiones y la calidad del concreto colocado de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Las mediciones se llevarán a cabo durante y después del proceso de hormigonado para asegurar que el concreto cumpla con los requisitos establecidos. La forma de pago se basará en las mediciones verificadas y aprobadas durante el proceso de hormigonado. Los pagos se realizarán de acuerdo con los hitos del trabajo y la aprobación de las mediciones por parte del ingeniero de obra. Las tarifas y condiciones de pago se establecerán en el contrato, y cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

3.2.2.5 Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm²

Descripción. La instalación de aceros de refuerzo FY 4200 en sistemas de desinfección UV para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) implica la colocación estratégica de barras de acero de alta resistencia con un límite de fluencia de 4200 kg/cm². Estas barras de refuerzo se utilizan para fortalecer estructuras de concreto, proporcionando resistencia y durabilidad adicionales a las partes críticas del sistema de desinfección UV.

Especificación. Las especificaciones detallarán la composición y dimensiones precisas de los aceros de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm², los métodos de instalación, y cualquier requisito especial relacionado con la resistencia y la durabilidad. También se incluirán detalles

sobre la colocación precisa de los refuerzos en las áreas críticas del sistema de desinfección UV.

Medición y forma de pago. La medición de la instalación de aceros de refuerzo implica verificar la cantidad, disposición y calidad de las barras de refuerzo instaladas de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Las mediciones se llevarán a cabo durante y después del proceso de instalación para garantizar la conformidad con los requisitos establecidos. La forma de pago se basará en las mediciones verificadas y aprobadas durante el proceso de instalación de aceros de refuerzo. Los pagos se realizarán de acuerdo con los hitos del trabajo y la aprobación de las mediciones por parte del ingeniero de obra. Las tarifas y condiciones de pago se establecerán en el contrato, y cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

3.2.2.6 Encofrado

Descripción. Comprende la estructura temporal utilizada para contener y moldear el concreto durante su vertido y fraguado. Este proceso es esencial para dar forma a las estructuras que albergarán los equipos de desinfección UV, asegurando su correcta configuración y alineación.

Especificación. Las especificaciones detallarán el tipo de encofrado a utilizar, los materiales específicos, las dimensiones y tolerancias precisas, y cualquier requerimiento técnico relacionado con la configuración y alineación de las estructuras de concreto destinadas a los sistemas de desinfección UV.

Medición y forma de pago. La medición de los encofrados implica verificar las dimensiones y características del encofrado utilizado durante el proceso de vertido del concreto. Se llevarán a cabo mediciones durante las diferentes etapas del trabajo para garantizar la conformidad con los requisitos especificados. La forma de pago se basará en las mediciones verificadas y aprobadas durante la instalación y remoción de los encofrados. Los pagos se realizarán de acuerdo con los hitos del trabajo y la aprobación de las mediciones

por parte del ingeniero de obra. Las tarifas y condiciones de pago se establecerán en el contrato, y cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

3.2.2.7 Suministro e instalación de tubo diámetro 35" pvc

Descripción. Consiste en la provisión y colocación de tuberías de PVC con un diámetro nominal de 900 mm. Estas tuberías se utilizan para el transporte eficiente de agua tratada dentro del sistema de desinfección UV.

Especificación. Las especificaciones detallarán las características específicas del tubo de PVC, incluyendo el material, las dimensiones exactas, los métodos de instalación y cualquier requisito técnico relacionado con la resistencia química y estructural del material. Además, se establecerán las tolerancias y los métodos de prueba para garantizar la calidad del suministro e instalación.

Medición y forma de pago. La medición implica cuantificar la longitud de tubería suministrada e instalada de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Esto incluirá la verificación de las dimensiones y características del tubo durante y después del proceso de instalación. La forma de pago se basará en las mediciones verificadas y aprobadas durante el suministro e instalación del tubo de PVC. Los pagos se realizarán conforme a los hitos del trabajo y la aprobación de las mediciones por parte del ingeniero de obra. Las tarifas y condiciones de pago se especificarán en el contrato, y cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

3.2.2.8 Inspección CCTV

Descripción. Consiste en el uso de cámaras de video para realizar una evaluación visual detallada de las estructuras, tuberías y componentes relacionados con el sistema de desinfección UV. Este proceso permite identificar posibles problemas, garantizar la integridad de los elementos críticos y facilitar el mantenimiento preventivo.

Especificación. Las especificaciones detallarán los requisitos específicos para la inspección CCTV, incluyendo los equipos a utilizar, los procedimientos de inspección, las condiciones de iluminación y cualquier requisito técnico relacionado con la captura y análisis

de imágenes. Además, se establecerán criterios para la documentación y reporte de hallazgos.

Medición y forma de pago. La medición en este caso podría implicar la cuantificación de la longitud de tuberías o estructuras inspeccionadas, así como la documentación de cualquier hallazgo o problema identificado durante la inspección. Esto puede incluir la grabación de imágenes y la generación de informes detallados. La forma de pago se basará en las mediciones y el alcance de la inspección CCTV realizada. Los pagos se efectuarán de acuerdo con los términos y condiciones establecidos en el contrato, y podrían estar vinculados a la presentación de informes detallados y la identificación de problemas que requieran acciones correctivas. Cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

3.2.2.9 Suministro e instalación de equipo uv

Descripción. Involucra la provisión y montaje de unidades de desinfección ultravioleta. Este equipo es esencial para inactivar microorganismos presentes en el agua tratada, contribuyendo así a la seguridad y calidad del efluente tratado.

Especificación. Las especificaciones detallarán los requisitos específicos para el equipo UV, incluyendo capacidades de desinfección, características técnicas, requisitos eléctricos y de plomería, así como los métodos de instalación. También se incluirán criterios de prueba y aceptación para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

Medición y forma de pago. La medición implicará la cuantificación de las unidades de equipo UV suministradas e instaladas de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Esto podría incluir la verificación de características técnicas, capacidades de desinfección y la documentación del proceso de instalación. La forma de pago se basará en las mediciones verificadas y aprobadas durante el suministro e instalación del equipo UV. Los pagos se realizarán de acuerdo con los hitos del trabajo y la aprobación de las mediciones por parte

del ingeniero de obra. Las tarifas y condiciones de pago se especificarán en el contrato, y cualquier ajuste necesario deberá ser documentado y acordado contractualmente.

Capítulo 4

4. Estudio del impacto ambiental

4.1 Objetivo general

Determinar los impactos posibles que se podrían generar al realizarse el proyecto "Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra".

4.2 Objetivos específicos

1. Identificar todos los factores ambientales que se generaran por las diferentes fases de construcción, operación y mantenimiento de la PTAR.
2. Identificar los posibles impactos ambientales que tendrá el proyecto, a través de la matriz de Leopold.
3. Analizar posibles alternativas para contrarrestar los efectos negativos que ocurrirán durante la implementación de la obra de tratamiento de aguas residuales.

4.3 Descripción del proyecto

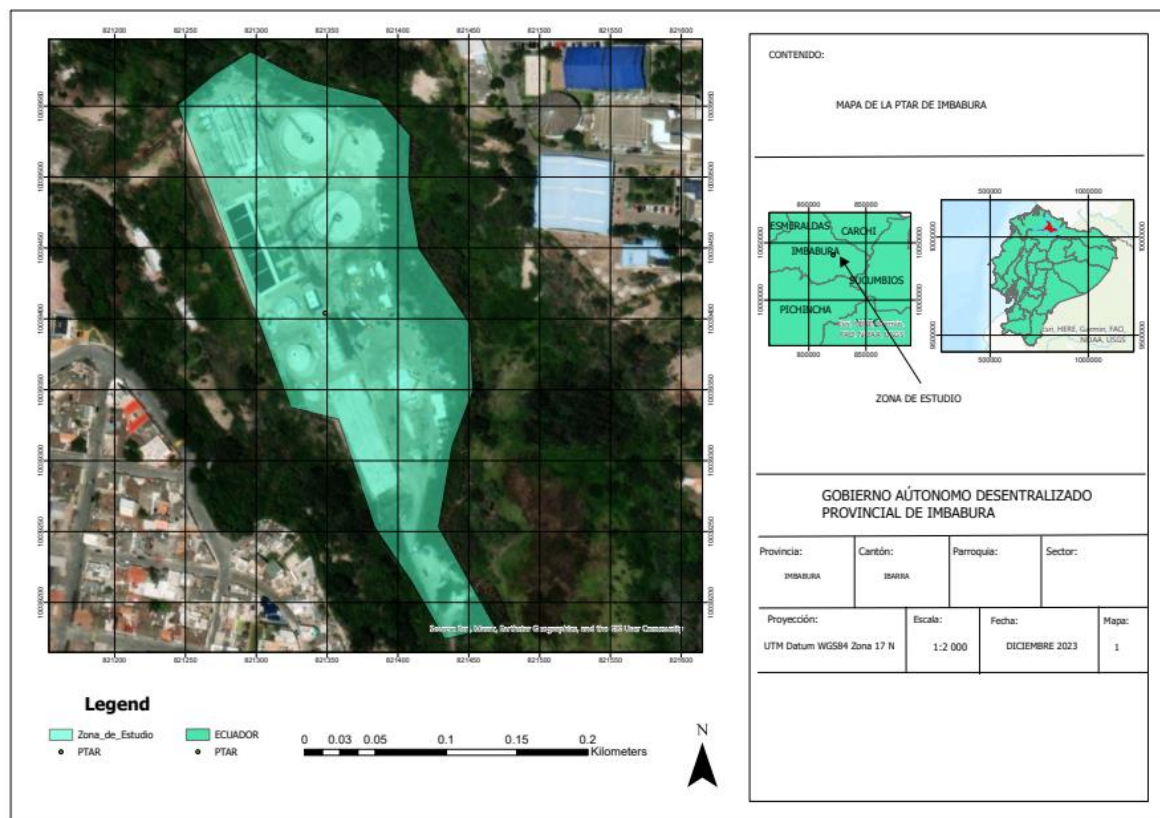
El presente estudio tiene como enfoque principal implementar un tratamiento terciario con el fin de mejorar la calidad del agua residual tratada en la ciudad de Ibarra, de tal manera que se pueda reutilizar el efluente tratado para el riego de plantas ornamentales. Una vez realizado el análisis de alternativas pertinente en la sección 2.5, se optó por el tratamiento de desinfección UV, debido a su ventaja económica particular para el presente caso y a la restricción del área de trabajo. Cabe recalcar el nivel de sostenibilidad moderado que abarca este tipo de tratamiento, así como la innovación del sistema recurrente actual en la región latinoamericana, ya que usualmente se implementan tratamientos de cloración previo a la descarga, categorizada como esta última como una opción disponible, pero de bajo nivel sostenible, analizando el impacto ambiental.

La microcuenca formada por el Río Tahuando y la laguna Yahuarcocha requiere un enfoque técnico integral, ya que están interconectados y sus fuentes de agua se encuentran

a lo largo de la cordillera oriental. El río se origina en las rinconadas orientales de la parroquia Angochagua, recorriendo aproximadamente 15 km y atravesando tres parroquias: Angochagua, San Francisco y El Sagrario, hasta llegar al centro de la ciudad de Ibarra. Hasta la altura de El Romerillo, las aguas del río se mantienen relativamente limpias, pero aguas abajo, se enfrenta a descargas de aguas residuales y una gran cantidad de basura arrojada por personas irresponsables.

La laguna de Yahuarcocha, también afectada por la contaminación, se nutre en gran medida y de manera constante del río Tahuando a través de una toma ubicada en la Campiña. Sin embargo, durante las épocas lluviosas, también recibe las escorrentías lodosas que descienden de la cordillera. La situación se agrava durante los periodos de sequía, cuando los caudales del río disminuyen considerablemente. Por lo tanto, abordar los problemas de la laguna sin considerar el estado del río resulta difícil y esencialmente inseparable. (El Río Tahuando como cuenca hidrográfica – Diario La Hora, s/f)

Figura 4.1.
Imagen Georreferenciada de la PTAR Ibarra.



Impacto en el Turismo: La implementación del tratamiento terciario de desinfección UV en la PTAR Ibarra y la mejora en la calidad del agua disponible para riego de plantas ornamentales tendrá un impacto directo en el turismo. La revitalización de las zonas verdes, ahora bien cuidadas gracias al agua tratada, aumentará la atracción turística de los destinos locales. Visitantes y residentes disfrutarán de espacios verdes más atractivos y saludables, lo que se traducirá en un aumento en la afluencia de turistas. Esto, a su vez, generará beneficios económicos para la comunidad a través del gasto en servicios turísticos, contribuyendo al desarrollo económico local.

Calidad de Vida: El proyecto también influirá positivamente en la calidad de vida de los habitantes de Ibarra. La creación de entornos más limpios y estéticamente agradables en las áreas urbanas tendrá beneficios directos para la salud y el bienestar de la población. La posibilidad de disfrutar de espacios verdes bien mantenidos contribuirá a un estilo de vida más saludable y activo. Además, la conciencia ambiental generada por el proyecto fomentará prácticas más sostenibles entre los ciudadanos, fortaleciendo la conexión entre la comunidad y su entorno.

4.4 Contribución a los ODS:

ODS 6 - Agua Limpia y Saneamiento: El proyecto de tratamiento terciario para la PTAR Ibarra contribuye directamente al ODS 6 al mejorar la calidad del agua residual y garantizar su reutilización segura. Al adoptar la desinfección UV, se asegura la eliminación eficiente de patógenos, asegurando que el agua tratada cumpla con los estándares necesarios para el riego de plantas ornamentales. Esto no solo conserva el recurso hídrico al reducir la dependencia de agua potable, sino que también promueve la gestión sostenible del agua en la ciudad.

ODS 13: Acción por el Clima: La implementación de un tratamiento terciario de Desinfección UV en el proyecto refuerza su contribución al ODS 13, centrado en abordar el cambio climático. La Desinfección UV destaca por su eficiencia energética, requiriendo menos energía que métodos tradicionales y evitando la generación de subproductos químicos

dañinos, alineándose con la meta del ODS 13 de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, al eliminar la necesidad de productos químicos desinfectantes, contribuye a la reducción de sustancias químicas contaminantes en cuerpos de agua, promoviendo así la mitigación de los impactos negativos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos.

Esta tecnología no solo beneficia a las plantas ornamentales al mejorar la calidad del agua, sino que también favorece la preservación de la biodiversidad local al evitar la descarga de efluentes contaminados. La disponibilidad de agua tratada respaldada por la desinfección UV fortalece la resiliencia de la comunidad de Ibarra frente a los cambios climáticos, facilitando la adaptación a la variabilidad climática y asegurando una fuente de agua confiable para mantener espacios verdes en condiciones adversas. La incorporación de tecnologías sostenibles, como la desinfección UV, no solo cumple con estándares ambientales, sino que también establece un ejemplo para prácticas sostenibles en la gestión del agua, promoviendo la resiliencia y la conciencia ambiental en la región.

4.5 Línea base ambiental

Es esencial tener presente los posibles impactos ambientales que podrían surgir durante la ejecución del proyecto. Considerando los criterios a evaluar se describe la influencia de esta actividad sobre los elementos que incluyen al medio ambiente clasificándolos como medio físico, biótico y socioeconómico.

4.5.1 Medio físico

Clima. La provincia de Imbabura experimenta un clima tropical de altura, Según la estación meteorológica M1240 los rangos de temperatura varían entre 15 °C y 25 °C, su extensión territorial que abarcan varios pisos altitudinales su variabilidad en temperatura va desde los 10° en sus comunidades como Rancho Chico y Peñaherrera hasta los 21°C en sus áreas territoriales de Chota, Carpuela, Juncal. Las parroquias Lita, La Carolina, Salinas su oscilación en temperatura va desde los 12° hasta los 24° C (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE*

DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015).

Geomorfología. La provincia de Imbabura se encuentra en la región andina de Ecuador, por lo que la geomorfología está fuertemente influenciada por la presencia de la Cordillera de los Andes. Pueden existir montañas, valles y mesetas, con elevaciones variables (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015*).

Suelos. En esta zona podemos encontrar suelos que van desde aquellos propios de zonas montañosas hasta suelos de tierras bajas. La presencia de la cordillera de los Andes en esta región contribuye a la existencia de suelos volcánicos en algunas áreas. En las zonas más altas, los suelos pueden ser más arenosos y volcánicos, mientras que, en las tierras bajas, puedes encontrar suelos más arcillosos (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015*).

4.5.2 Medio Biótico

Ecosistema. En Ibarra se puede distinguir 4 ecosistemas diferentes, el primero es el bosque de montaña, que ocupa aproximadamente el 29% del territorio. Luego tenemos el bosque de la región que forma parte de la reserva protegido, en dónde se encuentra diferentes especies. El tercero son los ríos y cuerpos de agua barra está ubicada en una región donde se encuentran ríos y cuerpos de agua. Como cuarto ecosistema tenemos las áreas agrícolas a actividad agrícola es significativa en la región, y es probable que encuentres ecosistemas modificados por la intervención humana para el cultivo de cultivos como maíz, papa y otros productos agrícolas (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015*).

4.5.3 Medio Socioeconómico

En áreas como Ibarra, la agricultura puede jugar un papel significativo en la economía, junto con actividades relacionadas con el comercio y los servicios. beneficiando

aproximadamente a el 26.85% de la población (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015*).

Servicios básicos. El caudal de aguas servidas operadas por los sistemas de alcantarillado es de 483,52 lts/seg, este caudal es tratado en un 48% por la planta Tahuando (PTAR), EL 0,08% ingresa a la PTAR-YAHUARCOCHA, y el 4,79% ingresa a otras plantas que se encuentran colapsadas y no están cumpliendo su función, esto a nivel urbano Uno de los mayores problemas que afronta el sistema de tratamiento de aguas en la ciudad es la mezcla de las aguas lluvias/freáticas con las aguas servidas de la ciudad, lo que implica un levado consto en el tratamiento de las aguas. Y a nivel rural se cuenta con un avance en tratamientos primarios y secundarios en un 17%, que equivale a 19,04 lit/seg, de total a tratar 112 lit/seg. (Tratamiento terciario equivale a plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR). En épocas de invierno las redes se sobrecargan en algunos sectores de baja pendiente, ocasionando inundaciones de calles y viviendas. En el diagnóstico de la infraestructura existente se evidencia la atención que se debe dar a este sector de saneamiento en las parroquias urbanas de Ibarra, considerando que muchas de sus estructuras han cumplido su vida útil y el eminente crecimiento de la población, así también la interconexión de colectores sanitarias y pluviales, han provocado que las infraestructuras trabajen para condiciones en las cuales no fueron concebidas (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015*).

Educación. Existencia de 226 establecimientos educativos y 24 equipamientos de salud públicos y privados. Saturación de servicios sociales en las parroquias urbanas de Sagrario y San Francisco. limitada dotación de infraestructura de educación y salud en parroquias rurales (*ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015*).

Patrimonio Cultural. El Patrimonio Cultural del cantón catalogado en tres el grupo de los cuatro más importantes del país. Inexistencias de instrumentos de planificación y normativos locales para la gestión del patrimonio cultural material e inmaterial del cantón. Débil capacidad de intervención del sector privado en la recuperación de los inmuebles patrimoniales en la ciudad de Ibarra. Limitada capacidad de recursos económicos para la intervención en el patrimonio arquitectónico y urbanístico del centro histórico de ciudad (ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023, 2015).

4.6 Actividades del proyecto

A continuación, se identificaron las actividades relevantes con respecto al impacto ambiental.

Tabla 4.1

Actividades del proyecto

Fase	Labor	Acción
Construcción	Remoción de capa vegetal	Excavación con maquinaria y trabajo manual, incluido desalojo.
	Movimiento de tierra	Excavación incluido desalojo, Relleno y compactación de suelo natural
	Construcción de estructura.	Figurado y armado de Hierro, Encofrado y Fundición de Hormigón para elementos estructurales.
	Instalación de Equipos	Implementación de 80 lámparas UV, tableros de control y compresor de aire.
	Arranque y Puesta en marcha	Configuración y calibración de Equipos
Operación	Funcionamiento del Equipo	Generación de aire comprimido y funcionamiento de luces UV
	Mantenimiento de Lámparas UV	Reposición de lámparas UV
	Mantenimiento de compresor de aire	Mantenimiento eléctrico y mecánico del compresor
Abandono	Mantenimiento de Tablero de Control	Mantenimiento eléctrico y electrónico.
	Desinstalación de Equipos	Desconexión y desmontaje de equipos. Retiro de lámparas UV. Retiro de Instalaciones eléctricas. Cierre de tuberías de Aguas servidas.
	Demolición de Estructuras	Demolición y desalojo de estructuras de Hormigón Armado.
	Reposición de Cobertura Vegetal	Plantación de césped
	Cumplimiento legal	Notificación a la autoridad

4.6.1 Proceso de elaboración.

4.6.1.1 Diseño del Sistema UV:

- Dimensionar el sistema UV según la capacidad de tratamiento de la PTAR y las necesidades de desinfección.
- Seleccionar lámparas UV adecuadas en función de la longitud de onda requerida y la eficiencia energética.
- Diseñar el sistema de distribución del agua para garantizar una exposición efectiva a la radiación UV.

4.6.1.2 Obra Civil:

- Realizar estudios geotécnicos para evaluar la idoneidad del terreno y diseñar las bases para los equipos UV.
- Planificar y ejecutar el movimiento de tierras necesario para la preparación del sitio.
- Diseñar estructuras civiles robustas y resistentes para albergar los equipos UV.

4.6.1.3 Instalación de Equipos UV:

- Montar y posicionar los racks y soportes para las lámparas UV acorde al diseño estructural.
- Conectar las lámparas UV al sistema eléctrico, asegurando la compatibilidad y eficiencia energética.
- Integrar sistemas de control para la supervisión y regulación automática de las lámparas.

4.6.1.4 Automatización y Control:

- Configurar sistemas de control automático para supervisar y ajustar la operación de las lámparas UV.
- Programar alarmas para notificar cualquier mal funcionamiento o condiciones anómalas.
- Integrar el sistema de control UV con la sala de control general de la PTAR.

4.6.1.5 Pruebas y Ajustes:

- Realizar pruebas de funcionamiento para verificar la eficacia del sistema UV.
- Ajustar parámetros según los resultados de las pruebas, optimizando la operación del sistema.
- Validar el rendimiento en condiciones simuladas y reales de operación.

4.6.1.6 Mantenimiento Preventivo:

- Establecer un programa de mantenimiento preventivo para garantizar la eficiencia a largo plazo.
- Capacitar al personal en actividades de mantenimiento rutinario y reparaciones menores.

4.6.1.7 Documentación y Certificación:

- Elaborar documentación técnica que respalde el diseño y la implementación del sistema UV.
- Obtener las certificaciones necesarias conforme a las regulaciones locales.

4.6.1.8 Monitoreo Continuo:

- Implementar sistemas de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento del sistema a lo largo del tiempo.
- Establecer protocolos para el seguimiento constante de la eficacia de la desinfección UV.

4.7 Identificación de impactos ambientales

La matriz denominada causa-efecto conocida como matriz de Leopold establece lo siguiente “Para el apartado de actividades que generen impacto ambiental serán colocadas en una columna mientras que en las filas se debe colocar la línea base” la cual será evaluada según las afectaciones de la zona que pueden ser positivas o negativas con el fin de identificar los puntos clave del impacto ambiental y poder desarrollar un medio más viable en la ejecución de la obra (Ponce, 2011).

Tabla 4.2*Criterios de valoración [Fuente: (Tito, 2020)]*

Criterios	Valoración				
	1	2.5	5	7.5	10
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible
Magnitud de incidencia	Poca incidencia		Mediana incidencia	Alta incidencia	

Tabla 4.5

Resultados finales de la Matriz de Leopold para impactos ambientales

COMPONENTE	ELEMENTO	FACTOR	Acciones													Impactos			
			Construcción			Operación					Abandono					Positivo (+)	Negativo (-)	Total	
			Remoción de capa vegetal	Movimiento de tierra	Construcción de estructuras	Instalación de Equipos	Arranque y Puesta en Funcionamiento del	Mantenimiento de Lámparas	Mantenimiento de compresores	Mantenimiento de Tablero	Desinstalación de Equipos	Demolición de Estructuras	Reposición de Coberturas	Cumplimiento legal					
A. Características Físicas y Químicas (Abiótico)	Tierra	Calidad de suelos	-3,97	-3,55	-3,55	0,00				-2,01	-4,12	-1,84	-3,16	-4,47	4,47	1,55	6,02	-26,68	-20,66
		Geomorfología del suelo	-2,27	-8,00													0,00	-10,27	-10,27
	Atmosfera	Calidad del aire		-1,23	-1,23		-1,00	-2,04		-1,55			-1,00	-3,16	1,00	1,55	2,55	-11,22	-8,67
		Niveles de presión sonora		-1,23	-1,23	-1,23	-1,00	-2,04		0,00			-1,00	-3,16		1,55	1,55	-10,90	-9,35
	Agua	Calidad del agua			-1,77		6,00	8,22	-5,30	-2,24	-2,24	-6,00				2,00	16,22	-17,54	-1,33
		Disponibilidad del agua			-1,77		0,00										0,00	-1,77	-1,77
B. Características biológicas (Biótico)	Flora	Flora ornamental	-7,18													0,00	-7,18	-7,18	
	Fauna	Aves			-1,77		4,24	5,81					-4,24			10,05	-6,01	4,04	
		Vectores		-1,41	-1,41	-1,41										0,00	-4,24	-4,24	
C. Características Culturales	Cultural	Comunidad	-3,26	-3,26	-3,26	-1,46	2,83	4,87	-1,73	-1,73	-1,73	-2,83	-2,83	1,26		8,97	-22,09	-13,12	
		Empleo	3,95	3,95	3,95	3,95	3,61	5,36	4,47	4,47	4,47	3,61	3,61	3,61		49,01	0,00	49,01	
		Cliente			1,23	1,23	3,16	6,44	-1,55	-1,55	-1,55	-3,16	-3,16	1,00	4,90	17,97	-10,97	7,00	
		Autoridad ambiental	1,77													6,32	8,09	0,00	8,09
Impactos	Positivos (+)		5,72	3,95	5,19	5,19	19,84	30,70	4,47	4,47	4,47	3,61	3,61	11,34	17,87				
	Negativos (-)		-18,09	-18,70	-16,00	-2,69	-2,00	-4,07	-10,59	-11,19	-7,36	-21,40	-16,79	0,00	0,00				
	Total		-12,37	-14,74	-10,81	2,50	17,84	26,63	-6,12	-6,72	-2,89	-17,79	-13,18	11,34	17,87				

4.8 Medidas de prevención/mitigación

Acorde a las actividades especificadas en el punto 4.3, se propusieron las siguientes medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales.

Tabla 4.6.

Tabla de actividades junto a sus respectivas medidas de prevención: Construcción

FASE	LABOR	ELEMENTO	FACTOR	ASPECTO	IMPACTO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
Construcción	Remoción de capa vegetal -Movimiento de tierra -Construcción de estructura -Instalación de Equipos	Suelo	Calidad de suelo	Generación de residuos Particulados por remoción de suelo	Contaminación del suelo	El material removido en excavaciones será inmediatamente cargado y transportado hacia los sitios de almacenamiento y/o disposición final, salvo el caso que se vaya a utilizar posteriormente en la obra.
			Geomorfología del suelo	Cambio del tipo de suelo	Alteración de la geomorfología del suelo	
		Aire	Calidad del aire	Generación de polvos Generación de gases de combustión	Contaminación del aire	Aplicar riego al suelo durante las labores de excavación cuando sea necesario con el propósito de mitigar la emisión de material particulado.
			Niveles de presión sonora	Generación de ruido	Contaminación acústica	
		Agua	Calidad del agua	Generación de residuos por corte, soldadura y fundición de hormigón	Contaminación del agua	Efectuar la mezcla manual del concreto, utilizando una caja de madera o sobre un material geotextil.
			Disponibilidad del recurso hídrico	Consumo de agua para hormigonados	Reducción de recurso hídrico	Optimizar el empleo del agua durante la etapa constructiva mediante su reutilización siempre que sea factible, además de favorecer la captación y almacenamiento de agua de lluvia.
		Flora	Césped	Remoción de área verde	Alteración biótica mínima	Coordinar con las autoridades competentes el permiso correspondiente para la reubicación o remoción de estos (Ministerio del Ambiente, Dirección de Medio Ambiente, etc.)
		Fauna	Acuática	Generación de ruidos y residuos	Posible migración de especies acuáticas por trabajos in situ	Coordinar con las autoridades competentes el permiso correspondiente para la reubicación o remoción de estos (Ministerio del Ambiente, Dirección de Medio Ambiente, etc.)
			Vectores	Presencia de Vectores	Infestación de mosquillas y roedores	Realizar un control de vectores de manera periódico
		Socioeconómico	Población	Perspectiva social	Incomodidad de la comunidad por la entrada y salida de maquinarias	Ejecutar las labores de construcción durante las horas diurnas, comprendidas entre las 07:00 y las 18:00 horas.
			Empleo	Generación de puestos de trabajo	Activación y aumento de la economía circular	-
			EMAPA-I	Aceptación del trabajo	Conformidad del cliente	-
			Autoridad ambiental	Permisos y certificados pertinentes	-	-

Tabla 4.7

Tabla de actividades junto a sus respectivas medidas de prevención: Operación

FASE	LABOR	ELEMENTO	FACTOR	ASPECTO	IMPACTO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
Operación	Arranque y Puesta en marcha -Funcionamiento del Equipo -Mantenimiento de Lámparas UV -Mantenimiento de compresor de aire -Mantenimiento de Tablero de Control	Suelo	Calidad de suelo	Generación de residuos	Contaminación del suelo	El material removido en excavaciones será inmediatamente cargado y transportado hacia los sitios de almacenamiento y/o disposición final, salvo el caso que se vaya a utilizar posteriormente en la obra.
		Aire	Calidad del aire	Cambios en la calidad del aire por compresor de Aire y mantenimiento del equipo	Contaminación del aire	Aplicar riego al suelo durante las labores de excavación cuando sea necesario con el propósito de mitigar la emisión de material particulado.
				Generación de huella mínima de carbono		
			Niveles de presión sonora	Generación mínima de ruido	Contaminación acústica	Minimizar la realización de actividades laborales generadoras de ruido durante los períodos de descanso o de menor actividad, como durante la noche o las primeras horas de la mañana.
		Agua	Calidad del agua	Mejora en la calidad del agua	-	
		Fauna	Acuática	Mejora en la calidad del agua	-	
		Socioeconómico	Población	Mejora en la calidad del agua	-	
			Empleo	Generación de empleo Local	Activación y aumento de la economía circular	
			EMAPA-I	Mejora en la calidad del agua	Conformidad del cliente	
			Autoridad ambiental	Permiso Ambiental		

Tabla 4.8

Tabla de actividades junto a sus respectivas medidas de prevención: Abandono

FASE	LABOR	ELEMENTO	FACTOR	ASPECTO	IMPACTO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	
Abandono	Desinfección de Equipos - Demolición de Estructuras - Reposición de Cobertura Vegetal - Cumplimiento Legal	Suelo	Calidad de suelo	Generación de residuos Particulados por remoción de suelo	Contaminación del suelo	El material removido en excavaciones será inmediatamente cargado y transportado hacia los sitios de almacenamiento y/o disposición final, salvo el caso que se vaya a utilizar posteriormente en la obra.	
			Geomorfología del suelo	Cambio del tipo de suelo			Alteración de la geomorfología del suelo
		Aire	Calidad del aire	Generación de polvos	Contaminación del aire	Aplicar riego al suelo durante las labores de excavación cuando sea necesario con el propósito de mitigar la emisión de material particulado.	
				Generación de gases de combustión			
		Agua	Niveles de presión sonora	Generación de ruido	Contaminación acústica	Minimizar la realización de actividades laborales generadoras de ruido durante los períodos de descanso o de menor actividad, como durante la noche o las primeras horas de la mañana.	
				Calidad del agua	Generación de residuos por corte, soldadura y fundición de hormigón	Contaminación del agua	Efectuar la mezcla manual del concreto, utilizando una caja de madera o sobre un material geotextil.
		Flora	Disponibilidad del recurso hídrico	Consumo de agua para hormigonados	Reducción de recurso hídrico	Optimizar el empleo del agua durante la etapa constructiva mediante su reutilización siempre que sea factible, además de favorecer la captación y almacenamiento de agua de lluvia.	
				Césped	Remoción de área verde	Alteración biótica mínima	Coordinar con las autoridades competentes el permiso correspondiente para la reubicación o remoción de estos (Ministerio del Ambiente, Dirección de Medio Ambiente, etc.)
		Fauna	Vectores	Acuática	Generación de ruidos y residuos	Posible migración de especies acuáticas por trabajos in situ	Coordinar con las autoridades competentes el permiso correspondiente para la reubicación o remoción de estos (Ministerio del Ambiente, Dirección de Medio Ambiente, etc.)
				Presencia de Vectores	Infestación de mosquillas y roedores	Realizar un control de vectores de manera periódico	
		Socioeconómico	Población	Perspectiva social	Incomodidad de la comunidad	Ejecutar las labores de construcción durante las horas diurnas, comprendidas entre las 07:00 y las 18:00 horas.	
				Empleo	Generación de puestos de trabajos temporales	Activación y aumento de la economía circular	
				EMAPA-I	Aceptación del trabajo	Conformidad del cliente	
				Autoridad ambiental	Permisos y certificados pertinentes		

Tabla 4.9*Escala de Valoración de Leopold*

Calificación de Impacto	Valores del índice de impacto ambiental (IA)
Altamente significativo	$ IA \geq 6,5$
Significativo	$6,5 > IA \geq 4,5$
Despreciable	$ IA < 4,5$
Benéfico	$IA > 0$

En conclusión, se pudo determinar un impacto de nivel benéfico para el GAD Ibarra, con un puntaje de +2.35 acordes a la previa evaluación de impactos ambientales. Grantizando el bienestar de la counidad aledaña junto a la preservación de los recursos naturales, flora y fauna, que están involucrados en el trayecto de la propuesta.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

En su núcleo, esta desglosada delineación refleja una secuencia lógica de actividades, desde las fases preliminares de desbroce y limpieza hasta las etapas finales de mantenimiento y pruebas de eficiencia. La inclusión de obras preliminares, obras civiles y estructurales, obras hidrosanitarias, y demás elementos pertinentes, se ha concebido como un medio para garantizar una gestión integral y eficiente del proyecto.

Tabla 5.1

Estructura detallada de trabajo

Proyecto: Construcción de Planta de Tratamiento Terciaria	DESCRIPCIÓN
Nivel 1: Obras Preliminares	
Desbroce, Desbosque y Limpieza	- Evaluación del Área
	- Retiro de Vegetación
	- Manejo de Residuos Orgánicos
Movimiento de Tierra	- Excavación de Zonas Designadas
	- Relleno y Compactación
	- Nivelación del Terreno
Excavación sin Clasificación	- Excavación de Zonas Específicas
	- Control de Residuos Excavados
Material de Préstamo Importado	- Identificación de Fuentes de Material
	- Adquisición y Transporte
	- Almacenamiento
Transporte de Material	- Planificación de Rutas
	- Coordinación con Proveedores
	- Monitoreo de Entregas
Desalojo de Material	- Selección de Áreas de Desalojo
	- Gestión de Residuos
Nivel 2: Obra Civil y Estructural	
Hormigón Estructural	- Preparación de la Mezcla
	- Colocación del Hormigón
	- Curado y Acabado
Acero de Refuerzo	- Cálculos de Diseño Estructural
	- Corte y Doblado de Barras
Instalación y Atado	- Replanteo de Hormigón Simple
	- Marcado y Nivelación
Preparación de Superficie	- Suministro e Instalación de Tubo Galvanizado
Diseño de Red	- Adquisición de Materiales
Diseño de Red	- Instalación y Conexiones
Nivel 3: Obras Hidrosanitarias	

Proyecto: Construcción de Planta de Tratamiento Terciaria	DESCRIPCIÓN
Suministro e Instalación de Tubería de H.A. Clase I	- Evaluación de Rutas - Preparación del Lecho - Instalación y Pruebas
Equipos UV	- Selección de Equipos - Adquisición y Recepción - Suministro e Instalación de Módulos
Suministro e Instalación de Módulos	- Preparación del Sitio - Colocación de Módulos - Conexiones y Pruebas
Suministro e Instalación de Lámparas UV	- Montaje y Conexiones - Pruebas de Funcionamiento
Suministro e Instalación de Tablero de Operaciones	- Diseño de Configuración - Instalación y Cableado
Suministro e Instalación de Compresor de Aire	- Evaluación de Requerimientos - Adquisición y Montaje

5.2 Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)

En el presente proyecto en base a las especificaciones técnicas del proyecto se determinaron los siguientes rubros:

Tabla 5.2

Rubros especificados con sus respectivas unidades

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
OBRAS PRELIMINARES		
1-OP	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA (MANUAL)	M2
MOVIMIENTO DE TIERRA		
1-MT	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	M3
2-MT	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO	M3
3-MT	TRANSPORTE DE MATERIAL	M3/KM
4-MT	DESALOJO DE MATERIAL	M3/KM
OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAL		
1-OC	HORMIGÓN ESTRUCT. /CEM. PORTL. F´C=280 KG/CM2 (INC. ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN)	M3
2-OC	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	KG
3-OC	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F´C=140 KG/CM2 E=5CM	M2
4-OC	SUMIN.E INSTAL/TUBO GALVANIZADO D= 2 1/2" X 2MM (PASAMANO)	M
OBRAS HIDROSANITARIAS		
1-OH	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. CLASE I D=35"	M
EQUIPOS (GLASCO UV)		

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MODULOS	U
2-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LÁMPARAS UV 155 WATTS BAJA PRESIÓN ALTO RENDIMIENTO	U
3-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO DE OPERACIONES	U
4-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COMPRESOR DE AIRE PARA LIMPIEZA AUTÓNOMA	U
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PLUS)		
1-PMA	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3
2-PMA	CONTROL Y MONITOREO DE RUIDO	ESTAC
3-PMA	REUNIÓN CON LA COMUNIDAD	U
4-PMA	TANQUE METÁLICO DE 55 GALONES	U
PLAN DE SEGURIDAD LABORAL (PLUS)		
1-PSL	PROTECCIÓN PARA TRABAJADOR	U
SEGURIDAD DE SEÑALIZACION VIAL TEMPORAL DE TRABAJOS (PLUS)		
1-SV	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)	M2
DISEÑO ELECTRICO (PLUS)		
1-DE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS DE 10 KV	U

Los análisis de precios Unitarios para cada actividad prevista en el proyecto, se detalla a continuación, para lo cual se realizó una revisión documental de proyectos similares en municipios y empresas públicas de agua. (GADM Guayaquil, 2023)

Tabla 5.3

APU Desbroce, Desbosque y Limpieza Manual

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.						
CÓDIGO:	1-OP			RENDIMIENTO:	0,03333	
DESCRIPCIÓN:	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA (MANUAL)				UNIDAD:	M2
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
(Td)						
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,0476	
SUBTOTAL M:					\$ 0,0476	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
(Xd)						
PEÓN	4,000	\$ 5,2500	\$ 21,0000	0,03333	\$ 0,6999	
MAESTRO MAYOR	1,000	\$ 7,5500	\$ 7,5500	0,03333	\$ 0,2516	
SUBTOTAL N:					\$ 0,9516	
SUBTOTAL P:					\$ -	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 0,99915	
COSTOS INDIRECTOS					5% \$ 0,04996	
UTILIDAD					10% \$ 0,05988	
IMPREVISTOS					2% \$ 0,01198	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 1,12096	
PRECIO UNITARIO					\$ 1,12	

Tabla 5.4

APU Excavación sin clasificación

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	1-MT			RENDIMIENTO:	0,01667
DESCRIPCIÓN:	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN			UNIDAD:	M3
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Td)
RETROEXCAVADORA	1,000	\$ 48,0000	\$ 48,0000	0,01667	\$ 0,8002
SUBTOTAL M:					\$ 0,8002
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
PEÓN	1,000	\$ 5,1500	\$ 5,1500	0,01667	\$ 0,0859
OPERADOR DE RETROEXCAVADORA	1,000	\$ 8,5500	\$ 8,5500	0,01667	\$ 0,1425
SUBTOTAL N:					\$ 0,2284
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		\$ 1,02854
			COSTOS INDIRECTOS	5%	\$ 0,05143
			UTILIDAD	10%	\$ 0,05935
			IMPREVISTOS	2%	\$ 0,01187
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 1,15118
			PRECIO UNITARIO		\$ 1,15

Tabla 5.5

APU Material de Préstamo Importado.

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.							
CÓDIGO:	2-MT			RENDIMIENTO:	0,01176	UNIDAD:	M3
DESCRIPCIÓN:	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
							(Td)
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO						\$ 0,0101
TANQUERO DE 2000 GAL CON BOMBA	1,000	\$ 18,5000	\$ 18,5000	0,01176			\$ 0,2176
RODILLO VIBRATORIO	1,000	\$ 30,0000	\$ 30,0000	0,01176			\$ 0,3528
MOTONIVELADORA	1,000	\$ 35,0000	\$ 35,0000	0,01176			\$ 0,4116
SUBTOTAL M:							\$ 0,9921
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R		
							(Xd)
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,01176			\$ 0,0476
CHOFER: TANQUEROS (ESTR. OC.C1)	1,000	\$ 5,0500	\$ 5,0500	0,01176			\$ 0,0594
OPERADOR RODILLO	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,01176			\$ 0,0476
OPERADOR MOTONIVELADORA	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,01176			\$ 0,0476
SUBTOTAL N:							\$ 0,2023
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO			
Y		A	B	C=A*B			
							(Yd)
AGUA	M3	0,050	\$ 2,3000				\$ 0,1150
CASCAJO MEDIANO IP<9	M3	1,250	\$ 7,2500				\$ 9,0625
SUBTOTAL O:							\$ 9,1775
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)							\$ 10,37185
COSTOS INDIRECTOS							\$ 0,51859
UTILIDAD							\$ 0,73641
IMPREVISTOS							\$ 0,14728

COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 11,77413
PRECIO UNITARIO	\$ 11,77

Tabla 5.6

APU Transporte de Material

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
		RENDIMIENTO:	UNIDAD:		
CÓDIGO:	3-MT	0,0074	M3/KM		
DESCRIPCIÓN:	TRANSPORTE DE MATERIAL				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
(Td)					
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,0037
VOLQUETA	1,000	\$ 30,0000	\$ 30,0000	0,00740	\$ 0,2220
SUBTOTAL M:					\$ 0,2257
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
(Xd)					
CHOFER	1,000	\$ 5,9500	\$ 5,9500	0,00740	\$ 0,0440
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,00740	\$ 0,0300
SUBTOTAL N:					\$ 0,0740
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 0,29970
COSTOS INDIRECTOS					5%
UTILIDAD					10%
IMPREVISTOS					2%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 0,35065
PRECIO UNITARIO					\$ 0,35

Tabla 5.7

APU Desalojo de Material

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	4-MT			RENDIMIENTO:	UNIDAD:
DESCRIPCIÓN:	DESALOJO DE MATERIAL			0,00633	M3/KM
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Td)
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,0076
VOLQUETA	1,000	\$ 45,0000	\$ 45,0000	0,00633	\$ 0,2849
SUBTOTAL M:					\$ 0,2924
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
CHOFER	1,000	\$ 9,5000	\$ 9,5000	0,00633	\$ 0,0601
PEÓN	2,000	\$ 7,2500	\$ 14,5000	0,00633	\$ 0,0918
SUBTOTAL N:					\$ 0,1519
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 0,44437
COSTOS INDIRECTOS					\$ 0,02222
UTILIDAD					\$ 0,02564
IMPREVISTOS					\$ 0,00513
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 0,49735
PRECIO UNITARIO					\$ 0,50

Tabla 5.8

APU Hormigón estruct./cem. Portl. F'c=280 kg/cm²

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.								
CÓDIGO:	1-OC			RENDIMIENTO:	1,25	UNIDAD:	M3	
DESCRIPCIÓN:	HORMIGÓN ESTRUCT. /CEM. PORTL. F'c=280 KG/CM ² (INC. ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN)							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
EQUIPOS								
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO			
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R			
					(Td)			
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO					\$	2,0688	
VIBRADOR DE MANGUERA	1,000	\$ 3,9000	\$ 3,9000	1,25000	\$		4,8750	
SUBTOTAL M:					\$		6,9438	
MANO DE OBRA								
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO			
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R			
					(Xd)			
PEÓN	3,000	\$ 4,0500	\$ 12,1500	1,25000	\$		15,1875	
MAESTRO MAYOR	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	1,25000	\$		5,6875	
ALBAÑIL	2,000	\$ 4,1000	\$ 8,2000	1,25000	\$		10,2500	
CARPINTERO	2,000	\$ 4,1000	\$ 8,2000	1,25000	\$		10,2500	
SUBTOTAL N:					\$		41,3750	
MATERIALES								
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO				
Y		A	B	C=A*B				
				(Yd)				
AGUA	M3	0,001	\$ 2,3000	\$			0,0023	
HORMIGÓN PREMEZCLADO F'c=280 KG/CM ² INC. TRANSPORTE	M3	1,020	\$ 128,1500	\$			130,7130	
ENCOFRADO	U	1,000	\$ 12,0000	\$			12,0000	
CURADOR DE HORMIGÓN	KG	0,250	\$ 4,8900	\$			1,2225	
INHIBIDOR DE CORROSIÓN	KG	10,500	\$ 2,4000	\$			25,2000	
SUBTOTAL O:				\$			169,1378	
				TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				\$ 217,45655
				COSTOS INDIRECTOS				5% \$ 10,87283
				UTILIDAD				10% \$ 22,39075
				IMPREVISTOS				2% \$ 4,47815
				COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$ 255,19828
				PRECIO UNITARIO				\$ 255,20

Tabla 5.9

APU Acero de refuerzo en barras $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	2-OC	RENDIMIENTO:	0,01667	UNIDAD:	KG
DESCRIPCIÓN:	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS $f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO $D=C \cdot R$
T	A	B	$C=A \cdot B$	R	(Td)
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,0140
CORTADORA-DOBLADORA	1,000	\$ 1,6800	\$ 1,6800	0,01667	\$ 0,0280
SUBTOTAL M:					\$ 0,0420
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO $D=C \cdot R$
X	A	B	$C=A \cdot B$	R	(Xd)
PEÓN	2,000	\$ 4,0500	\$ 8,1000	0,01667	\$ 0,1350
MAESTRO MAYOR	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,01667	\$ 0,0758
FIERRERO	1,000	\$ 4,1000	\$ 4,1000	0,01667	\$ 0,0683
SUBTOTAL N:					\$ 0,2792
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO $C=A \cdot B$	
Y		A	B	(Yd)	
ACERO DE REFUERZO EN BARRAS $f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$ INC. TRANSPORTE	KG	1,020	\$ 1,3000	\$ 1,3260	
ALAMBRE RECOCIDO #18	KG	0,125	\$ 1,9400	\$ 0,2425	
SUBTOTAL O:				\$ 1,5685	
TOTAL COSTO DIRECTOS $X=(M+N+O+P)$					\$ 1,88969
COSTOS INDIRECTOS					5% \$ 0,09448
UTILIDAD					10% \$ 0,18339
IMPREVISTOS					2% \$ 0,03668
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 2,20425
PRECIO UNITARIO					\$ 2,20

Tabla 5.10

APU Replanteo de Hormigón Simple $F_c = 140 \text{ kg/cm}^2$

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	3-OC	RENDIMIENTO:	0,05556	UNIDAD:	M2

DESCRIPCIÓN:		REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F´C=140 KG/CM2 E=5CM			
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Td)
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,0578
SUBTOTAL M:					\$ 0,0578
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
PEÓN	3,000	\$ 4,0500	\$ 12,1500	0,05556	\$ 0,6751
MAESTRO MAYOR	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,05556	\$ 0,2528
ALBAÑIL	1,000	\$ 4,1000	\$ 4,1000	0,05556	\$ 0,2278
SUBTOTAL N:					\$ 1,1556
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Y		A	B	C=A*B	
					(Yd)
HORMIGÓN PREMEZCLADO F´C=140 KG/CM2 INC TRANSPORTE	M3	0,051	\$ 109,8400		\$ 5,6018
SUBTOTAL O:					\$ 5,6018
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 6,81527
COSTOS INDIRECTOS					\$ 0,34076
UTILIDAD					\$ 0,66029
IMPREVISTOS					\$ 0,13206
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 7,94838
PRECIO UNITARIO					\$ 7,95

Tabla 5.11

APU Sumin. e instal. Tubo galvanizado o D= 2 1/2" x 2mm (Pasamano)

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	4-OC	RENDIMIENTO:	0,2	UNIDAD:	M
DESCRIPCIÓN:	SUMIN.E INSTAL/TUBO GALVANIZADO D= 2 1/2" X 2MM (PASAMANO)				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Td)
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,1315
SOLDADORA	0,200	\$ 2,8500	\$ 0,5700	0,20000	\$ 0,1140
CIZALLA	0,200	\$ 1,0200	\$ 0,2040	0,20000	\$ 0,0408
SUBTOTAL M:					\$ 0,2863
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,20000	\$ 0,8100
MAESTRO MAYOR	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,20000	\$ 0,9100
MAESTRO SOLDADOR	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,20000	\$ 0,9100
SUBTOTAL N:					\$ 2,6300
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Y		A	B	C=A*B	
				(Yd)	
SOLDADURA	KG	0,030	\$ 3,5200	\$ 0,1056	
TUBERÍA DE ACERO GALVANIZADO DE 2 1/2" E=2MM	M	1,000	\$ 5,6100	\$ 5,6100	
SUBTOTAL O:					\$ 5,7156
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 8,63190
COSTOS INDIRECTOS				5%	\$ 0,43160
UTILIDAD				10%	\$ 0,71031
IMPREVISTOS				2%	\$ 0,14206
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 9,91587
PRECIO UNITARIO					\$ 9,92

Tabla 5.12

APU Suministro e instalación de Tubería de H.A. Clase 1 D=35"

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.						
CÓDIGO:	1-OH			RENDIMIENTO:	0,22222	
DESCRIPCIÓN:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. CLASE I D=35"				UNIDAD:	M
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Td)	
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,2872	
EXCAVADORA	1,000	\$ 38,0000	\$ 38,0000	0,22222	\$ 8,4444	
EQ. TOPOGRÁFICO	1,000	\$ 3,7500	\$ 3,7500	0,22222	\$ 0,8333	
COMPACTADOR MEDIANO MANUAL	0,200	\$ 2,5000	\$ 0,5000	0,22222	\$ 0,1111	
SUBTOTAL M:					\$ 9,6760	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Xd)	
PEÓN	2,000	\$ 4,0500	\$ 8,1000	0,22222	\$ 1,8000	
MAESTRO MAYOR	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,22222	\$ 1,0111	
OPERADOR DE EXCAVADORA	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,22222	\$ 1,0111	
TOPÓGRAFO	1,000	\$ 4,5500	\$ 4,5500	0,22222	\$ 1,0111	
TUBERO (EN CONSTRUCCIÓN)	1,000	\$ 4,1000	\$ 4,1000	0,22222	\$ 0,9111	
SUBTOTAL N:					\$ 5,7444	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Y		A	B	C=A*B		
					(Yd)	
AGUA	M3	0,001	\$ 2,3000	\$ 0,0023	\$	
CEMENTO TIPO GU INC. TRANSPORTE	KG	2,000	\$ 0,1600	\$ 0,3200	\$	
ARENA CORRIENTE FINA INC. TRANSPORTE	M3	0,003	\$ 13,6500	\$ 0,0410	\$	
PIEDRA GRADUADA DE 1/2" - 3/4" INC. TRANSPORTE	M3	0,800	\$ 14,2300	\$ 11,3840	\$	
ACCESORIOS PARA PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	U	1,000	\$ 0,3000	\$ 0,3000	\$	
AGUA PARA PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	M3	0,001	\$ 4,0000	\$ 0,0040	\$	
TUBERÍA DE H.A. CLASE I D=35" (900 MM.) INC. TRANSPORTE	M	1,000	\$ 300,0000	\$ 300,0000	\$	

JUNTA DE NEOPRENO D=25"	U	1,000	\$	\$
			10,9600	10,9600
SUBTOTAL O:				\$
				323,0113
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				\$
				338,43165
COSTOS INDIRECTOS				\$
				5%
				16,92158
UTILIDAD				\$
				10%
				16,10710
IMPREVISTOS				\$
				2%
				3,22142
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$
				374,68176
PRECIO UNITARIO				\$
				374,68

Tabla 5.13

APU Suministro e instalación de Módulos para sistema UV

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	1-SIE	RENDIMIENTO:	0,22222	UNIDAD:	U
DESCRIPCIÓN:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS PARA SISTEMA UV				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO D=C*R
T	A	B	C=A*B	R	(Td)
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 3,7833
ESTRUCTURA DE MODULO	1,000	\$ 16.000,0000	\$ 16.000,0000	0,22222	\$ 3.555,5200
CONEXIONES (PAQUETE UV)	1,000	\$ 3.000,0000	\$ 3.000,0000	0,22222	\$ 666,6600
SUBTOTAL M:					\$ 4.225,9633
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO D=C*R
X	A	B	C=A*B	R	(Xd)
INSTALADOR	3,000	\$ 75,0000	\$ 225,0000	0,22222	\$ 49,9995
SUPERVISOR	1,000	\$ 115,5000	\$ 115,5000	0,22222	\$ 25,6664
SUBTOTAL N:					\$ 75,6659
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 4.301,62921
COSTOS INDIRECTOS					\$
					5%
					215,08146
UTILIDAD					\$
					10%
					16,10710
IMPREVISTOS					\$
					2%
					3,22142
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$
					4.536,03919
PRECIO UNITARIO					\$ 4.536,04

Tabla 5.14

APU Suministro e instalación de lámparas UV 155 Watts

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	2-SIE	RENDIMIENTO:	0,22222	UNIDAD:	U
DESCRIPCIÓN:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LÁMPARAS UV 155 WATTS				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
(Td)					
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 1,0889
LÁMPARAS UV 155 WATTS (15 mWs/cm ²)	1,000	\$ 40,0000	\$ 40,0000	0,22222	\$ 8,8888
PAQUETE DE CONEXIONES AUXILIARES PARA LÁMPARAS UV	1,000	\$ 35,0000	\$ 35,0000	0,22222	\$ 7,7777
SUBTOTAL M:					\$ 17,7554
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
(Xd)					
INSTALADOR	8,000	\$ 8,5000	\$ 68,0000	0,22222	\$ 15,1110
SUPERVISOR	2,000	\$ 15,0000	\$ 30,0000	0,22222	\$ 6,6666
SUBTOTAL N:					\$ 21,7776
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 39,53294
COSTOS INDIRECTOS					5% \$ 1,97665
UTILIDAD					10% \$ 16,10710
IMPREVISTOS					2% \$ 3,22142
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 60,83811
PRECIO UNITARIO					\$ 60,84

Tabla 5.15

APU Suministro e instalación de tablero de operaciones

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.						
CÓDIGO:	3-SIE			RENDIMIENTO:	0,22222	
DESCRIPCIÓN:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO DE OPERACIONES				UNIDAD:	U
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Td)	
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,6055	
TABLERO DE OPERACIONES PARA MODULO DE SISTEMA UV	1,000	\$ 3.550,0000	\$ 3.550,0000	0,22222	\$ 788,8810	
PAQUETE DE CONEXIONES AUXILIARES PARA TABLERO DE OPERACIONES	1,000	\$ 850,5000	\$ 850,5000	0,22222	\$ 188,9981	
SUBTOTAL M:					\$ 978,4847	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Xd)	
INSTALADOR	3,000	\$ 11,5000	\$ 34,5000	0,22222	\$ 7,6666	
SUPERVISOR	1,000	\$ 20,0000	\$ 20,0000	0,22222	\$ 4,4444	
SUBTOTAL N:					\$ 12,1110	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 990,59565	
COSTOS INDIRECTOS					5% \$ 49,52978	
UTILIDAD					10% \$ 16,10710	
IMPREVISTOS					2% \$ 3,22142	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 1.059,45395	
PRECIO UNITARIO					\$ 1.059,45	

Tabla 5.16

APU Agua para control de polvo

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	1-PMA			RENDIMIENTO:	0,04
DESCRIPCIÓN:	AGUA PARA CONTROL DE POLVO			UNIDAD:	M3
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Td)
TANQUERO DE 2000 GAL CON BOMBA	1,000	\$ 23,5000	\$ 23,5000	0,04000	\$ 0,9400
SUBTOTAL M:					\$ 0,9400
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,04000	\$ 0,1620
CHOFER: TANQUEROS (ESTR. OC.C1)	1,000	\$ 5,9500	\$ 5,9500	0,04000	\$ 0,2380
SUBTOTAL N:					\$ 0,4000
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Y		A	B	C=A*B	
					(Yd)
AGUA	M3	1,010	\$ 2,3000		\$ 2,3230
SUBTOTAL O:					\$ 2,3230
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 3,66300
COSTOS INDIRECTOS					\$ 0,18315
UTILIDAD					\$ 0,36630
IMPREVISTOS					\$ 0,07326
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 4,28571
PRECIO UNITARIO					\$ 4,29

Tabla 5.17

APU Control y Monitoreo de Ruido

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	2-PMA			RENDIMIENTO:	1,47089
DESCRIPCIÓN:	CONTROL Y MONITOREO DE RUIDO			UNIDAD:	ESTAC
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Td)
SONÓMETRO DIGITAL	1,000	\$ 39,5000	\$ 39,5000	1,47089	\$ 58,1002
SUBTOTAL M:					\$ 58,1002
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	1,47089	\$ 5,9571
INGENIERO AMBIENTAL	1,000	\$ 4,5600	\$ 4,5600	1,47089	\$ 6,7073
SUBTOTAL N:					\$ 12,6644
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 70,76452
COSTOS INDIRECTOS				5%	\$ 3,53823
UTILIDAD				10%	\$ 7,07645
IMPREVISTOS				2%	\$ 1,41529
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 82,79449
PRECIO UNITARIO					\$ 82,79

Tabla 5.18

APU Reunión con la comunidad

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.					
CÓDIGO:	3-PMA			RENDIMIENTO:	4
DESCRIPCIÓN:	REUNIÓN CON LA COMUNIDAD			UNIDAD:	U
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R
					(Xd)
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	4,00000	\$ 16,2000
INGENIERO AMBIENTAL	1,000	\$ 4,5600	\$ 4,5600	4,00000	\$ 18,2400
SUBTOTAL N:					\$ 34,4400
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Y		A	B	C=A*B	
					(Yd)
HOJAS, MARCADORES Y BORRADORES	GLB	1,000	\$ 15,0000		\$ 15,0000
SUBTOTAL O:					\$ 15,0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 49,44000
COSTOS INDIRECTOS					\$ 2,47200
UTILIDAD					\$ 4,94400
IMPREVISTOS					\$ 0,98880
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 57,84480
PRECIO UNITARIO					\$ 57,84

Tabla 5.19

APU SUMIN. E Inst. de Tanque metálico de 55 Galones

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.						
CÓDIGO:	4-PMA			RENDIMIENTO:	1	
DESCRIPCIÓN:	SUMINISTRO E INST. TANQUE METÁLICO DE 55 GALONES				UNIDAD:	U
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Xd)	
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	1,00000	\$ 4,0500	
SUBTOTAL N:					\$ 4,0500	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Y		A	B	C=A*B		
					(Yd)	
ESMALTE VARIOS COLORES	GLN	0,100	\$ 25,3000	\$ 2,5300	\$	
TANQUE METÁLICO 55 GLN	U	1,000	\$ 15,0000	\$ 15,0000	\$	
SUBTOTAL O:					\$ 17,5300	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 21,58000	
COSTOS INDIRECTOS					\$ 1,07900	
UTILIDAD					\$ 2,15800	
IMPREVISTOS					\$ 0,43160	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 25,24860	
PRECIO UNITARIO					\$ 25,25	

Tabla 5.20

APU Protección para trabajador

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.				
			RENDIMIENTO:	UNIDAD:
CÓDIGO:	1- PSL			U
DESCRIPCIÓN:	PROTECCIÓN PARA TRABAJADOR			
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Y		A	B	C=A*B (Yd)
CASCO	U	1,000	\$ 7,0400	\$ 7,0400
BOTAS DE CAUCHO	PAR	1,000	\$ 9,1800	\$ 9,1800
GUANTES DE CUERO	PAR	1,000	\$ 7,6100	\$ 7,6100
TAPÓN AURICULAR	PAR	1,000	\$ 2,1400	\$ 2,1400
MASCARILLA DESCARTABLE	U	5,000	\$ 0,2200	\$ 1,1000
CHALECO REFLECTIVO (PLÁSTICO)	U	1,000	\$ 4,7900	\$ 4,7900
BOTAS ESPECIALES PUNTA DE ACERO	PAR	1,000	\$ 51,0000	\$ 51,0000
SUBTOTAL O:				\$ 82,8600
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				\$ 82,86000
COSTOS INDIRECTOS				5% \$ 4,14300
UTILIDAD				10% \$ 8,28600
IMPREVISTOS				2% \$ 1,65720
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$ 96,94620
PRECIO UNITARIO				\$ 96,95

Tabla 5.21

APU Malla Plástica de Seguridad (Color Reflectivo)

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.						
CÓDIGO:	1-SV			RENDIMIENTO:	0,1	
DESCRIPCIÓN:	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)				UNIDAD:	M2
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Td)	
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$ 0,0203	
SUBTOTAL M:					\$ 0,0203	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Xd)	
PEÓN	1,000	\$ 4,0500	\$ 4,0500	0,10000	\$ 0,4050	
SUBTOTAL N:					\$ 0,4050	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Y		A	B	C=A*B		
					(Yd)	
ELEMENTOS DE FIJACIÓN	U	1,000	\$ 0,1000		\$ 0,1000	
MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD COLOR REFLECTIVO	M2	1,020	\$ 1,1500		\$ 1,1730	
SUBTOTAL O:					\$ 1,2730	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					\$ 1,69825	
COSTOS INDIRECTOS					\$ 0,08491	
UTILIDAD					\$ 0,16983	
IMPREVISTOS					\$ 0,03397	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 1,98695	
PRECIO UNITARIO					\$ 1,99	

Tabla 5.22

APU Suministro e instalación de Pararrayos de 10 kV (Plus)

Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.						
CÓDIGO:	1-DE			RENDIMIENTO:	0,63609	
DESCRIPCIÓN:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS DE 10 KV (Plus)				UNIDAD:	U
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
T	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Td)	
HERRAMIENTAS MENORES (5% M/O)	5%MO				\$	
					0,4834	
ESCALERA TELESCÓPICA	0,500	\$	\$	0,63609	\$	
		2,5000	1,2500		0,7951	
SUBTOTAL M:					\$	
					1,2785	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
X	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
					(Xd)	
PEÓN	1,000	\$	\$	0,63609	\$	
		4,0500	4,0500		2,5762	
ELECTRICISTA	0,500	\$	\$	0,63609	\$	
		4,1000	2,0500		1,3040	
MAESTRO ELÉCTRICO	2,000	\$	\$	0,63609	\$	
		4,5500	9,1000		5,7884	
SUBTOTAL N:					\$	
					9,6686	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Y		A	B	C=A*B		
					(Yd)	
VARILLA DE COBRE (PUESTA A TIERRA) 5/8" X 1.80M	U	1,000	\$	\$	\$	
			16,7500		16,7500	
SOLDADURA EXOTÉRMICA 115GR	U	1,000	\$	\$	\$	
			6,7700		6,7700	
PARARRAYO 10 KV	U	1,000	\$	\$	\$	
			52,1400		52,1400	
CABLE CU DESNUDO #4 AWG	M	12,000	\$	\$	\$	
			4,7610		57,1320	
SUBTOTAL O:					\$	
					132,7920	
					\$	
					TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	
					143,73911	
					\$	
					COSTOS INDIRECTOS	
				5%	7,18696	
					\$	
					UTILIDAD	
				10%	14,37391	
					\$	
					IMPREVISTOS	
				2%	2,87478	
					\$	
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	
					168,17476	
					PRECIO UNITARIO	
					\$ 168,17	

5.3 Descripción de cantidades de obra (Revisar)

En base a los planos obtenidos a partir del diseño ejecutado en el capítulo 3, acompañado del criterio del experto, Fernando Javier Jara Arboleda, ingeniero civil especializado en construcción de obras civiles, se determinaron las siguientes cantidades:

Tabla 5.23

Descripción de cantidades a ejecutar en el proyecto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
OBRAS PRELIMINARES			
1-OP	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA (MANUAL)	M2	21,55
MOVIMIENTO DE TIERRA			
1-MT	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	M3	43,10
2-MT	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO	M3	21,55
3-MT	TRANSPORTE DE MATERIAL	M3/KM	13.250,32
4-MT	DESALOJO DE MATERIAL	M3/KM	21,55
OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAL			

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1-OC	HORMIGÓN ESTRUCT./CEM. PORTL. F´C=280 KG/CM2 (INC. ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN)	M3	64,65
2-OC	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	KG	5.522,00
3-OC	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F´C=140 KG/CM2 E=5CM	M2	21,55
4-OC	SUMIN.E INSTAL/TUBO GALVANIZADO D= 2 1/2" X 2MM (PASAMANO)	M	42,10
OBRAS HIDROSANITARIAS			
1-OH	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. CLASE I D=35"	M	7,50
EQUIPOS (GLASCO UV)			
1-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MODULOS	U	2,00
2-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LÁMPARAS UV 155 WATTS BAJA PRESIÓN ALTO RENDIMIENTO	U	80,00
3-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO DE OPERACIONES	U	1,00
4-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COMPRESOR DE AIRE PARA LIMPIEZA AUTÓNOMA	U	1,00
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PLUS)			
1-PMA	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	1.000,00
2-PMA	CONTROL Y MONITOREO DE RUIDO	ESTAC	1,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
3-PMA	REUNIÓN CON LA COMUNIDAD	U	5,00
4-PMA	TANQUE METÁLICO DE 55 GALONES	U	4,00
PLAN DE SEGURIDAD LABORAL (PLUS)			
1-PSL	PROTECCIÓN PARA TRABAJADOR	U	31,00
SEGURIDAD DE SEÑALIZACION VIAL TEMPORAL DE TRABAJOS (PLUS)			
1-SV	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)	M2	100,00
DISEÑO ELECTRICO (PLUS)			
1-DE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS DE 10 KV	U	2,00
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL (GLASCO UV-MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS) VALOR NO INCLUIDO EN EL PRESUPUESTO			
4.12K2	ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL PROMEDIO (6,8 kw/h por lámpara)	kW	58752,00
4.12D	MANTENIMIENTO DE LÁMPARAS 155 WATTS (1 SESIÓN ANUAL)	U	80,00
4.94F	MANTENIMIENTO DE COMPRESOR DE AIRE(1 SESIÓN ANUAL)	U	1,00
4.94C	LIMPIEZA DEL SISTEMA POR MÓDULO (1 SESIÓN ANUAL)	U	2,00
4.94D	CONTROL DE PROCESOS (1 SESIÓN ANUAL)	ESTAC	1,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
4.78	PRUEBAS DE EFICIENCIA POR MÓDULO 1 SESIÓN ANUAL	U	2,00

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

A continuación, se presentará la valoración total del proyecto

Tabla 5.24

Valoración integral para construcción del proyecto integrador

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
OBRAS PRELIMINARES				\$	24,14
1-OP	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA (MANUAL)	M2	21,55	\$ 1,12	24,14
MOVIMIENTO DE TIERRA				\$	4.951,60
1-MT	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	M3	43,10	\$ 1,15	49,57
2-MT	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO	M3	21,55	\$ 11,77	253,64
3-MT	TRANSPORTE DE MATERIAL	M3/KM	13.250,32	\$ 0,35	4.637,61
4-MT	DESALOJO DE MATERIAL	M3/KM	21,55	\$ 0,50	10,78
OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAL				\$	29.236,03

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1-OC	HORMIGÓN ESTRUCT./CEM. PORTL. F´C=280 KG/CM2 (INC. ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN)	M3	64,65	\$ 255,20	\$ 16.498,68
2-OC	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	KG	5.522,0	\$ 2,20	\$ 12.148,40
3-OC	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F´C=140 KG/CM2 E=5CM	M2	21,55	\$ 7,95	\$ 171,32
4-OC	SUMIN.E INSTAL/TUBO GALVANIZADO D= 2 1/2" X 2MM (PASAMANO)	M	42,10	\$ 9,92	\$ 417,63
OBRAS HIDROSANITARIAS				\$	2.810,10
1-OH	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. CLASE I D=35"	M	7,50	\$ 374,68	\$ 2.810,10
EQUIPOS (GLASCO UV)				\$	15.550,77
1-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MODULOS	U	2,00	\$ 4.536,04	\$ 9.072,08
2-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LÁMPARAS UV 155 WATTS BAJA PRESIÓN ALTO RENDIMIENTO	U	80,00	\$ 60,84	\$ 4.867,20
3-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO DE OPERACIONES	U	1,00	\$ 1.059,45	\$ 1.059,45
4-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COMPRESOR DE AIRE PARA LIMPIEZA AUTÓNOMA	U	1,00	\$ 552,04	\$ 552,04
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PLUS)				\$	4.762,99
1-PMA	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	1.000,00	\$ 4,29	\$ 4.290,00
2-PMA	CONTROL Y MONITOREO DE RUIDO	ESTAC	1,00	\$ 82,79	\$ 82,79
3-PMA	REUNIÓN CON LA COMUNIDAD	U	5,00	\$ 57,84	\$ 289,20

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
4-PMA	TANQUE METÁLICO DE 55 GALONES	U	4,00	\$ 25,25	\$ 101,00
PLAN DE SEGURIDAD LABORAL (PLUS)					\$ 3.005,45
1-PSL	PROTECCIÓN PARA TRABAJADOR	U	31,00	\$ 96,95	\$ 3.005,45
SEGURIDAD DE SEÑALIZACION VIAL TEMPORAL DE TRABAJOS (PLUS)					\$ 199,00
1-SV	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)	M2	100,00	\$ 1,99	\$ 199,00
DISEÑO ELECTRICO (PLUS)					\$ 336,34
1-DE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS DE 10 KV	U	2,00	\$ 168,17	\$ 336,34
TOTAL					\$ 60.876,42
SON.: SESENTA MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SEIS CON 42/100 DÓLARES USA					

Tabla 5.25

Valoración referencial de Operación y Mantenimiento del proyecto [EPA- Glasco UV- Ministerio de Minería]

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL(GLASCO UV-MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS) VALOR NO INCLUIDO EN EL PRESUPUESTO					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
4.12K2	ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL PROMEDIO (6,8 kw/h por lámpara)	kw	58752,00	\$ 0,10	\$ 6.110,21
4.12D	MANTENIMIENTO DE LÁMPARAS 155 WATTS (1 SESIÓN ANUAL)	U	80,00	\$ 25,00	\$ 2.000,00

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL(GLASCO UV-MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS) VALOR NO INCLUIDO EN EL PRESUPUESTO						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
4.94F	MANTENIMIENTO DE COMPRESOR DE AIRE(1 SESIÓN ANUAL)	U	1,00	\$ 800,00	\$	800,00
4.94C	LIMPIEZA DEL SISTEMA POR MÓDULO (1 SESIÓN ANUAL)	U	2,00	\$ 217,75	\$	435,50
4.94D	CONTROL DE PROCESOS (1 SESIÓN ANUAL)	ESTAC	1,00	\$ 1.527,00	\$	1.527,00
4.78	PRUEBAS DE EFICIENCIA POR MÓDULO 1 SESIÓN ANUAL	U	2,00	\$ 325,00	\$	650,00
TOTAL					\$	11.522,71
SON.: ONCE MIL QUINIENTOS VENITIDOS CON 71/100 DÓLARES USA						

Nota de Diseñadores: Presupuesto no incluye Valor de permiso ambiental.

5.5 Cronograma de obra

La presente planificación se ha diseñado de manera integral, contemplando tanto las actividades de investigación como las tareas administrativas y de presentación de resultados. Se espera que este cronograma sirva como guía esencial para el avance ordenado y sistemático hacia el logro de los objetivos planteados.

Tabla 5.26

Cronograma de avance de obra

CRONOGRAMA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DURACION	INICIO	FIN
OBRAS PRELIMINARES						
1-OP	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA (MANUAL)	M2	21.55	2 días	4/3/2024	5/3/2024
MOVIMIENTO DE TIERRA						
1-MT	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN	M3	43.10	2 días	6/3/2024	8/3/2024
2-MT	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO	M3	21.55	2 días	6/3/2024	8/3/2024
3-MT	TRANSPORTE DE MATERIAL	M3/KM	13 250.32	2 días	6/3/2024	8/3/2024
4-MT	DESALOJO DE MATERIAL	M3/KM	21.55	2 días	6/3/2024	8/3/2024
OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAL						
1-OC	HORMIGÓN ESTRUCT./CEM. PORTL. F´C=280 KG/CM2 (INC. ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN)	M3	64.65	1 semana	11/3/2024	15/3/2024
2-OC	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	KG	5 522.00	1 semana	11/5/2024	15/3/2025
3-OC	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F´C=140 KG/CM2 E=5CM	M2	21.55	3 días	11/6/2024	13/3/2024
4-OC	SUMIN.E INSTAL/TUBO GALVANIZADO D= 2 1/2" X 2MM (PASAMANO)	M	42.10	1 semana	11/3/2024	15/3/2024
OBRAS HIDROSANITARIAS						
1-OH	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.A. CLASE I D=35"	M	7.50	3 días	18/3/24	20/3/2024
EQUIPOS (GLASCO UV)						
1-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MODULOS	U	2.00	1 semana	21/3/2024	28/3/2025
2-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LÁMPARAS UV 155 WATTS BAJA PRESIÓN ALTO RENDIMIENTO	U	80.00	1 semana	29/03/24	5/4/2025
3-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TABLERO DE OPERACIONES	U	1.00	3 días	29/03/25	5/5/2025

4-SIE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE COMPRESOR DE AIRE PARA LIMPIEZA AUTÓNOMA	U	1.00	2 días	29/03/26	5/6/2025
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PLUS)						
1-PMA	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	1 000.00	3 días	8/4/2024	10/4/2024
2-PMA	CONTROL Y MONITOREO DE RUIDO	ESTAC	1.00	3 días	8/4/2024	10/4/2024
3-PMA	REUNIÓN CON LA COMUNIDAD	U	5.00	2 días	8/4/2024	9/4/2024
4-PMA	TANQUE METÁLICO DE 55 GALONES	U	4.00	2 días	8/4/2024	9/4/2024
PLAN DE SEGURIDAD LABORAL (PLUS)						
1-PSL	PROTECCIÓN PARA TRABAJADOR	U	31.00		4/3/2024	10/4/2024
SEGURIDAD DE SEÑALIZACION VIAL TEMPORAL DE TRABAJOS (PLUS)						
1-SV	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)	M2	100.00		4/3/2024	10/4/2024
DISEÑO ELECTRICO (PLUS)						
1-DE	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS DE 10 KV	U	2.00	1 día	8/4/2024	8/4/2024
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL(GLASCO UV-MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS) VALOR NO INCLUIDO EN EL PRESUPUESTO						
4.12K2	ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL PROMEDIO (6,8 kw/h por lámpara)	kW	58752.00			
4.12D	MANTENIMIENTO DE LÁMPARAS 155 WATTS (1 SESIÓN ANUAL)	U	80.00			
4.94F	MANTENIMIENTO DE COMPRESOR DE AIRE(1 SESIÓN ANUAL)	U	1.00			
4.94C	LIMPIEZA DEL SISTEMA POR MÓDULO (1 SESIÓN ANUAL)	U	2.00			
4.94D	CONTROL DE PROCESOS (1 SESIÓN ANUAL)	ESTAC	1.00			
4.78	PRUEBAS DE EFICIENCIA POR MÓDULO 1 SESIÓN ANUAL	U	2.00			
TIEMPO TOTAL						6 semanas

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.6 Conclusiones

Durante la ejecución del presente proyecto integrador para el diseño de un tratamiento terciario para la PTAR de la ciudad de Ibarra, se ha logrado llegar a las siguientes conclusiones:

Es evidente la necesidad de la EMAPA-I, de buscar la reutilización de los efluentes con fines de riego ante la ausencia del cuidado de las áreas verdes aledañas a la infraestructura de la PTAR, lo cual generaría una contribución en la acción por el clima de parte de la institución cantonal,

Con el fin de evaluar el estado físico actual de la planta y recopilar la información disponible se realizó una visita de campo a la PTAR Ibarra, donde se pudo comprobar el estado óptimo de la planta para la implementación del tratamiento terciario.

Los métodos de tratamiento terciario más efectivos y sostenibles que se pueden aplicar en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, como la de Ibarra, son: cloración, ozonificación, lagunas aerobias, humedales superficiales y radiación UV.

Actualmente la PTAR Ibarra cuenta con un tratamiento primario y secundario. Partiendo con la estructura de entrada y el tratamiento preliminar, abarcando desde la medición del caudal afluente hasta el desbaste de sólidos finos, se concentran en un edificio único con diversas instalaciones, como la medida de caudal, estructura de entrada, pozo de gruesos, rejillas de impacto, desarenador desengrasador, entre otras.

El agua decantada se dirige al tratamiento biológico mediante un colector, distribuyéndose a través de un canal diseñado a velocidad constante hacia dos líneas de lodos activos de flujo pistón. Este tratamiento biológico implica operaciones como zona anoxia, aireación en el reactor biológico y recirculación de lodos. En este sistema de tratamiento, que utiliza lodos activos con alta carga, se requiere una recirculación externa de lodos para mantener la masa activa, realizada mediante bombas sumergibles desde la última cámara óxica o el decantador secundario.

La aireación se lleva a cabo con sopladores que suministran aire a través de difusores de membrana de caucho EPDM. En conjunto, este diseño busca optimizar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, asegurando la correcta eliminación de sólidos y la sostenibilidad del proceso biológico.

De la información recopilada en la EMAPA-I se obtuvieron datos de la calidad del efluente tratado, mismo que cumple con los límites máximos permisibles para descarga en cuerpos de agua dulce, establecidos en la normativa nacional; sin embargo para el reusó del efluente tratado en el riego de las áreas verdes se requiere cumplir con valores más exigentes en los parámetros, coliformes fecales y demanda Bioquímica de Oxígeno que actualmente se encuentran en 920 NMP/100ml y 13.40 mg/L, respectivamente.

Como resultado del análisis de alternativas que es parte de este proyecto integrador, la opción seleccionada por ser más sostenible y de ejecución factible de implementar en la PTAR Ibarra es el tratamiento de desinfección por radiación ultravioleta (UV).

El caudal y la demanda de agua para el riego de las áreas verdes circundantes es de $0.81 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual se determinó aplicando la metodología definida en el manual de riego para jardines (Coor et al., 2022); que considera los coeficientes relacionados a las especies, microclima y densidad de la cobertura vegetal; aportando al cumplimiento del objetivo de desarrollo sostenible N° 13.

El dimensionamiento para el sistema de tratamiento terciario que cubrirá la demanda y garantizará un suministro adecuado de agua limpia para riego fue realizado con base a la metodología descrita en el Folleto informativo de tecnología de aguas residuales - desinfección con luz ultravioleta (Epa, s/f-a); en línea con el objetivo de desarrollo sostenible N°6.

La unidad de desinfección UV a ser implementada es el modelo vertical de baja presión y alta intensidad VC-40-HO que posee una longitud de canal de 12.3 m con 2 módulos de 40 lámparas de radiación UV cada uno, con una intensidad de $0.6 \text{ mW}/\text{cm}^2$ y una dosificación de $15 \text{ mWs}/\text{cm}^2$.

Con base al diseño del tratamiento terciario de la alternativa seleccionada, la presente memoria técnica incluye el esquema detallado del trabajo, cantidades referenciales de obra, precios unitarios, especificaciones técnicas y cronograma valorado. Siendo el presupuesto referencial para la construcción de \$60.876,42 y para lo operación se ha estimado un presupuesto de \$11.522,71. Valores que se encuentran establecidos dentro de los rangos estudiados en el análisis previo de alternativas en la sección 2.5.

El costo por m^3 tratado del proyecto propuesto es de \$1.538.76 por m^3 tratado

5.7 Recomendaciones

Se recomienda que EMAPA-I implemente el proyecto ya que La utilización de agua residual depurada en el riego de áreas verdes urbanas conlleva numerosas ventajas. La principal radica en la aportación de materia orgánica al suelo, mejorando así sus propiedades físicas. Además de la materia orgánica, este tipo de agua contiene elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que implica una reducción en las necesidades de fertilización del suelo y, por ende, un ahorro económico. Otros beneficios se vinculan con el aumento de los recursos hídricos disponibles en la región y la garantía de un suministro constante de agua para el riego, sin comprometer el abastecimiento destinado al consumo humano. (Manual de riego)

La utilización de agua depurada presenta algunos desafíos, como el alto contenido de sales y elementos tóxicos que ocasionalmente pueden estar presentes. Asimismo, la presencia de microelementos, aunque en cantidades reducidas y sin problemas a corto plazo, puede acumularse con el uso continuado del riego, generando posibles problemas de toxicidad, especialmente dependiendo del tipo de suelo. La existencia de agentes microbiológicos patógenos también constituye un riesgo para la salud, especialmente para aquellos que trabajan directamente con el riego. La obstrucción de los emisores en sistemas de riego localizado debido a la presencia de sólidos en suspensión representa otro inconveniente asociado al uso de este tipo de agua. Para prevenir estos problemas, se recomienda instalar sistemas de filtrado, preferiblemente de limpieza automática, en las instalaciones de riego que empleen agua residual depurada.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Frank, R. H., & Bernanke, B. (2007). Principles of macro- economics (3rd ed.). Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin.

Artículo presentado a una conferencia

Dynamics of content propagation in BitTorrent like P2P file exchange systems. Artículo presentado en 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference (IEEE CDC – ECC 2011), Orlando, Estados Unidos.

Páginas web

Kidpsych is an excellent website for young children. Accedido el 4 de abril, 2012, desde <http://www.kidpsych.org>.

Depurar aguas residuales con humedales artificiales una alternativa para pequeñas poblaciones. (2022, 2 julio). EcoInventos.

<https://ecoinventos.com/depurar-aguas-residuales-con-humedales-artificiales/>

Libro en línea

ryant, P. (1999). Biodiversity and Conservation. Accedido el 21 de agosto, 2012 desde <http://darwin.bio.uci.edu/~sustain/bio65/Titlepage.htm>

Artículos de revista tomados de Internet

Koo, D. J., Chitwoode, D. D., & Sanchez, J. (2008). Violent victimization and the routine activities/lifestyle of active drug users. *Journal of Drug Issues*, 38, 1105-1137. Accedido el 4 de abril, 2012, desde <http://www2.criminology.fsu.edu/~jdi/>

Crites, RW et al. (2006) *Natural Wastewater Treatment Systems*. Taylor & Francis Group.

ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN IBARRA 2015-2023. (2015). Imbabura. Recuperado 2 de diciembre de 2023, de <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Cantonal/PDOT%20IBARRA.pdf>

Artículos de revistas

Keller, T. E., Cusick, G. R., & Courtney, M. E. (2007). Approaching the transition to adulthood: Distinctive profiles of adolescents aging out of the child welfare system. *Social Services Review*, 81, 453-484.

Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con luz ultravioleta. (1999). En epa (EPA 832-F-99-064). Office of water Washington, D.C. Recuperado 14 de noviembre de 2023, de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/cs-99-064.pdf>

Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con cloro. (1999). En Congreso (EPA 832-F-99-062). Office of Water Washington, D.C. Recuperado 14 de noviembre de 2023, de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FB0613FDC4933A8005257DC600826FA0/\\$FILE/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FB0613FDC4933A8005257DC600826FA0/$FILE/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf)

Tesis

Encalada Narvaez, M. E., & Grunauer Zambrano, G. G. (2023). Analisis de costos de operacion y mantenimiento entre un filtro anaerobio y un humedal vertical de flujo subsuperficial [Trabajo de titulacion previo a la obtencion del título de Ingeniera Civil]. Universidad Politécnica Salesiana.

Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento de tratamientos naturales de aguas residuales para pequeñas comunidades en Colombia. (2012). [tesis]. Universidad Javeriana departamento de ingeniería civil.

Almeida G., Vieira J., Marques A., & Kiperstok A. (2013). Estimating the potential wáter reuse based on fuzzy reasoning. Journal of Environmental Management.

CAROLINA CALDERON A., MAURICIO BAYONA P., SARA PATRICIA BONILLA, MARCO ANTONIO GUERRERO LEON, & HECTOR DAVID CALDERON SEPULVEDA. (2017). GUÍA DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL SECTOR DE LA PISCICULTURA CONTINENTAL EN COLOMBIA.

Drechsel P., & Evans, A. (2010). Wastewater use in irrigated agriculture. *Irrigated and Drainage Systems*. 24, 1–3.

Elcid, M. L. (2021). Diseño del tratamiento terciario de la EDAR de Oropesa para la reutilización del agua regenerada como agua de riego para zonas verdes urbanas. <https://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/195048>

Future Enviro. (2017). PTAR IBARRA.

Hanjra M., Blackwell J., Carr G., & Zhang F. (2012). Wastewater irrigation and environmental health: Implications for water governance and public policy. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*,.

María Reyes, R.-G., Judith, M.-B., Alfredo, J.-B., & Joaquín, S.-L. (2013). Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(2), 223–235. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72238-8](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72238-8)

María Teresa Diez González, & Cristina de la Macorra García. (2014). Utilización de membranas como tratamientos terciarios para regeneración de aguas residuales: membranas cerámicas.

Nodal, E. (2001). Procesos Biológicos Aplicados Al Tratamiento De Agua Residual. Ingeniería hidráulica y ambiental, XXII.

OMS (Organización Mundial de la Salud). (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura.

Sergio E. Martínez Rivera, & Yolanda Trápaga Delfín. (2012a). Construyendo ciudades sustentables: Experiencias de Pekín y la Ciudad de México.

Sigúí Gil, N. L. (2022). Aspectos a considerar en la cloración de aguas residuales. Agua, Saneamiento & Ambiente, 17(2).

<https://doi.org/10.36829/08asa.v17i2.1492>

Sociedad Química del Perú., R. R., Aronés Medina, E. G., Palomino Malpartida, Y. G., & Huincho Rodríguez, R. (2018a). Revista de la Sociedad Química del Perú. En Revista de la Sociedad Química del Perú (Vol. 84, Número 1). Sociedad Química del Perú.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt

Sociedad Química del Perú., R. R., Aronés Medina, E. G., Palomino Malpartida, Y. G., & Huincho Rodríguez, R. (2018b). Revista de la Sociedad Química del Perú. En Revista de la Sociedad Química del Perú (Vol. 84, Número 1). Sociedad Química del Perú.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., & Cornell, S. E. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet.

Tercero Gómez, M. del C. (2016). Procesos biogeoquímicos y eliminación de nitrógeno y fósforo de aguas eutrofizadas en humedales del entorno del Mar Menor: resultados experimentales en mesocosmos. En Universidad Politécnica de Cartagena.

UNEP. (2010). SICK WATER? The central role of wastewater management in sustainable development.

Vergine, P., Salerno, C., Libutti, A., Beneduce, L., Gatta, G., Berardi, G., & Pollice, A. (2017a). Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation. *Journal of Cleaner Production*, 164, 587–596.

<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.06.239>

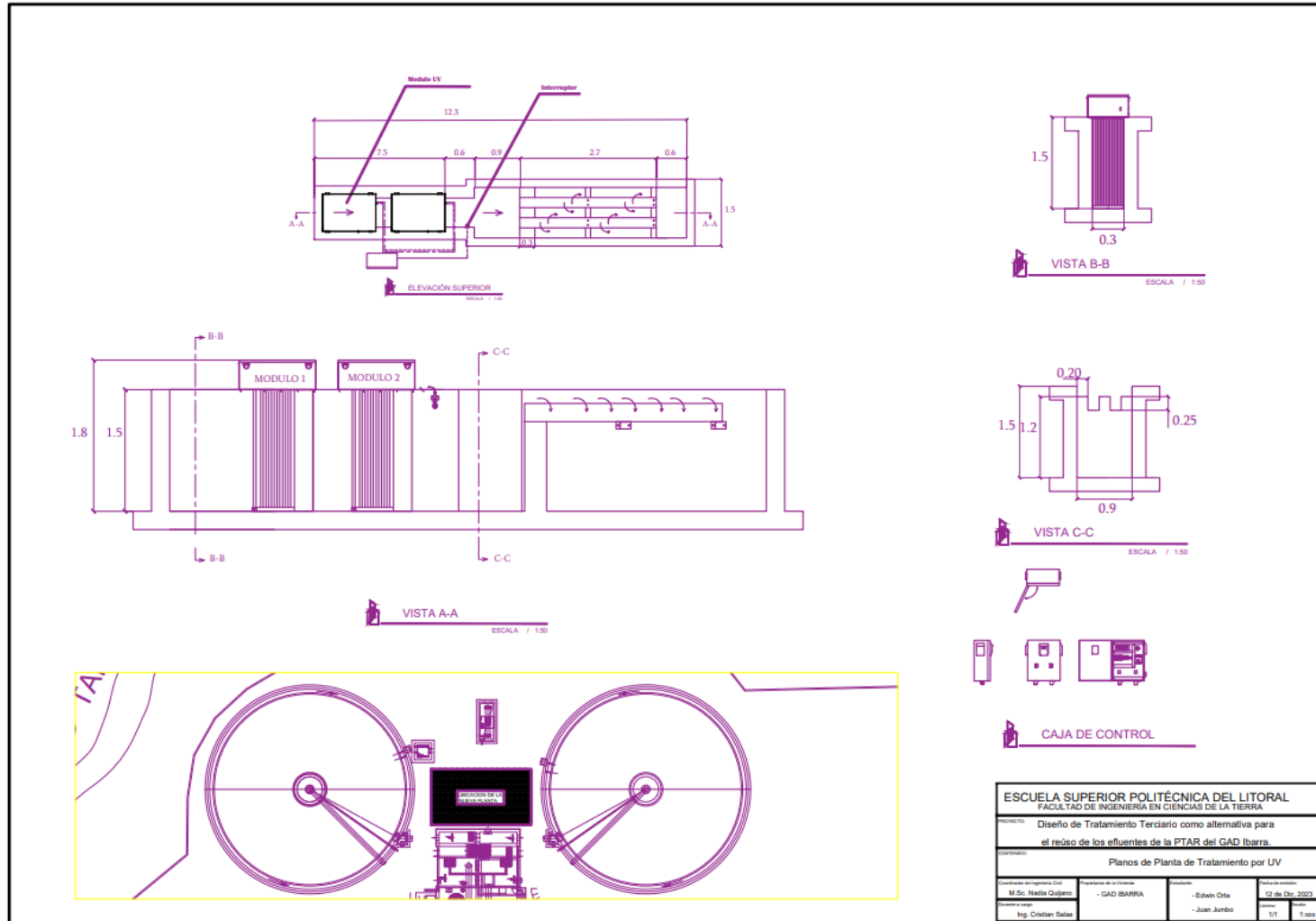
Vergine, P., Salerno, C., Libutti, A., Beneduce, L., Gatta, G., Berardi, G., & Pollice, A. (2017b). Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation. *Journal of Cleaner Production*, 164, 587–596.

<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.06.239>

Yi, L., Jiao, W., Chen, X., & Chen, W. (2011). An overview of reclaimed water reuse in China. *Journal of Environmental Sciences*.

PLANOS Y ANEXOS

PLANO 1 Implementación de la nueva PTAR



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
Proyecto: Diseño de Tratamiento Terciario como alternativa para el reúso de los efluentes de la PTAR del GAD Ibarra.			
Descripción: Planos de Planta de Tratamiento por UV			
Diseñador de Ingeniería Civil: M.Sc. Nadia Quijano	Propietario de la Obra: - GAD IBARRA	Supervisor: - Edwin Oña - Juan Jumbo	Fecha de emisión: 12 de Dic. 2023
Autor y cargo: Ing. Cristian Sotelo			Hoja: 01 Total: 3 Hojas

DISEÑO DE TRATAMIENTO TERCIARIO COMO ALTERNATIVA PARA EL REÚSO DE LOS EFLUENTES DE LA PTAR DEL GAD IBARRA.

PROBLEMA

Actualmente la calidad disponible de agua residual tratada **no es apta para el riego** de plantas ornamentales en los alrededores de la PTAR Ibarra, debido a que el sistema cuenta con tratamientos primario y secundario, que, si bien cumplen con la norma para descarga en cuerpos de agua dulce, no llegan a un pulimento avanzado que permita **el reusó del efluente**.



OBJETIVO GENERAL

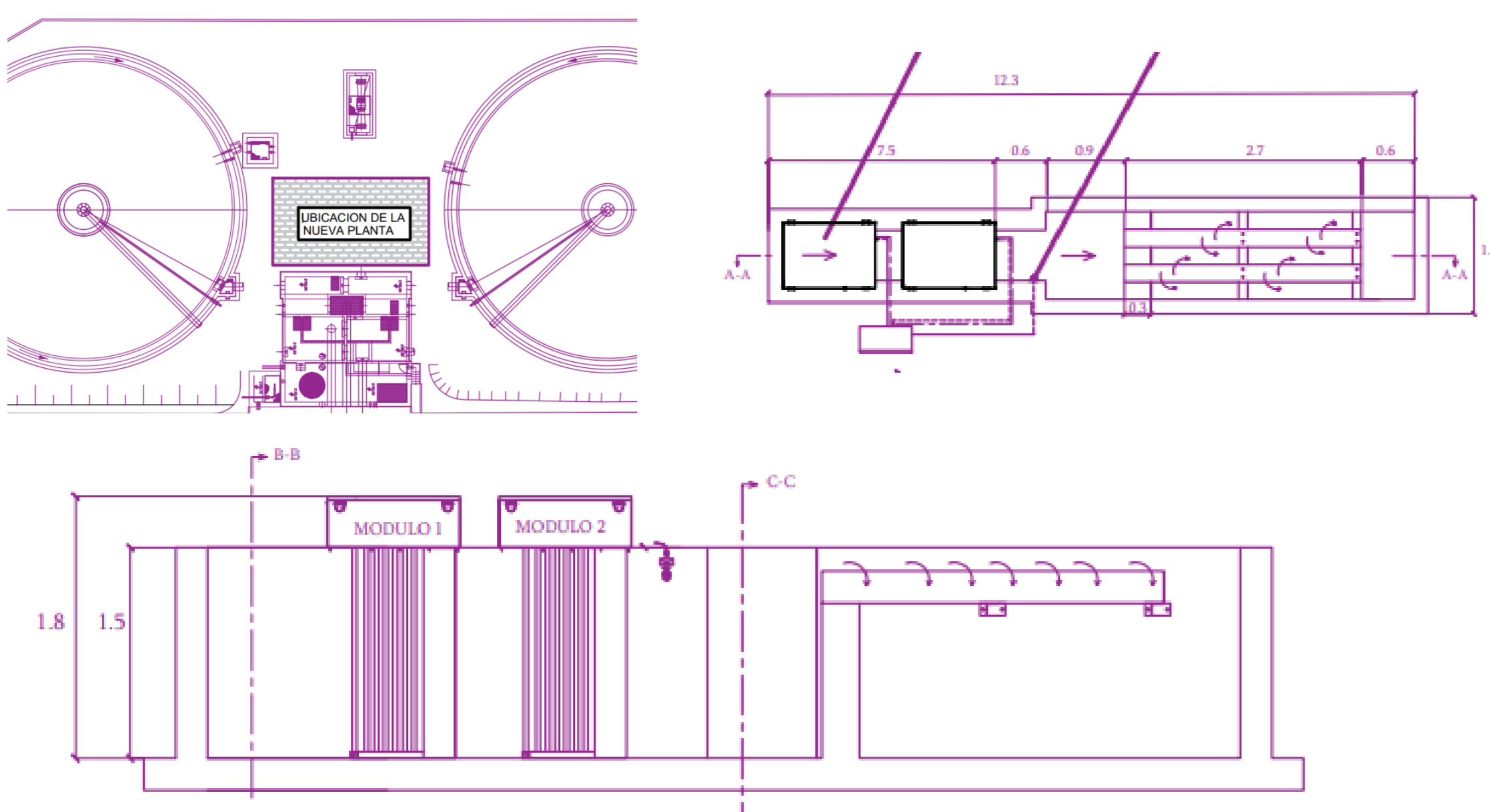
Diseñar un sistema de tratamiento terciario para la PTAR Ibarra en busca de la reutilización los efluentes que servirán para riego de áreas verdes en los alrededores.

PROPUESTA

Identificar las mejores prácticas y tecnologías en gestión del agua. Promoviendo la **reutilización responsable** de los recursos hídricos y fomentando prácticas de conservación en las empresas públicas encargadas del tratamiento de efluentes. Explorar estrategias innovadoras de gestión del agua y contribuir a las bases académicas entorno a la **sostenibilidad y resiliencia ambiental** en contextos urbanos.

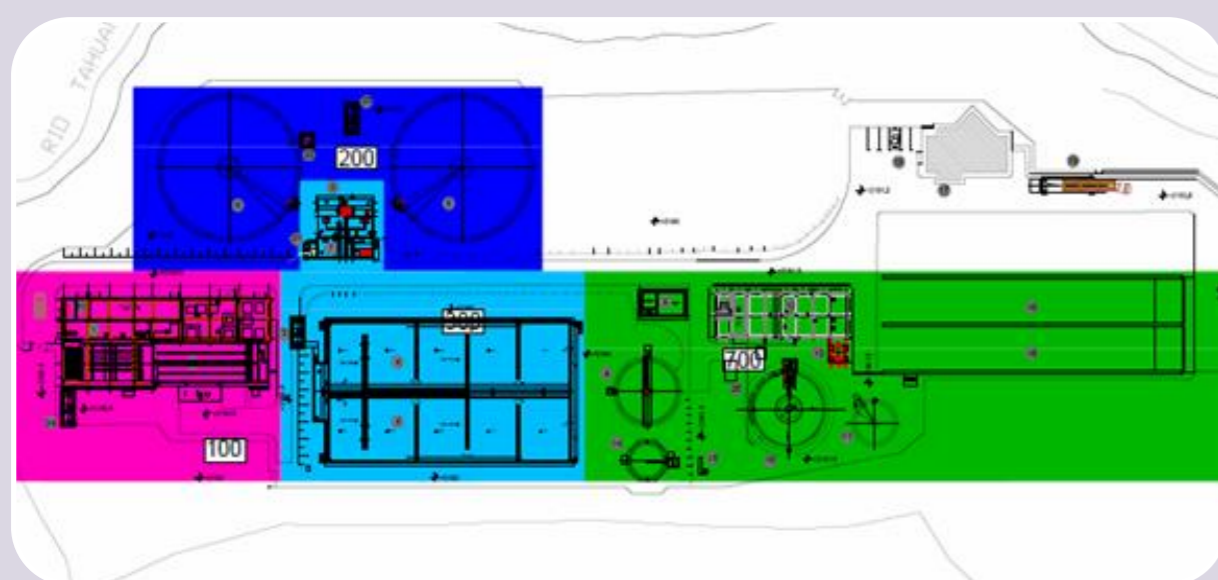
Alternativas	Total
Cloración	9
Humedales	11
Desinfección UV	16
Lagunas Aerobias	8

RESULTADOS



- La alternativa seleccionada es la Radiación UV con lámparas de 155 Watts/l/seg con un tiempo de contacto de 25 seg y una eficiencia de remoción de coliformes fecales del 41.30%.
- Presupuesto estimado de USD\$ 60.876,42 para la construcción y de USD\$ 11.522,71 para el primer año de operación de la Unidad UV.
- Cronograma estimado de ejecución de obra de 38 días.

CONCLUSIONES



Existe un tratamiento primario y secundario, que requieren de un tratamiento terciario para el reusó del efluente tratado en el riego de las áreas verdes.

Se ha dimensionado un tratamiento terciario con demanda de riego de 810 l/s, de las áreas verdes aledañas a la PTAR y garantizar un suministro de agua tratada que cumpla con la normativa de reusó con 540 NMP de coliformes fecales, en línea con el objetivo de desarrollo sostenible N°6.

La unidad de desinfección UV a ser implementada es un modelo vertical de baja presión y alta intensidad VC-40-HO, que posee una longitud de canal de 12.3 m con 2 módulos de 40 lámparas de radiación UV cada uno. Con un costo de construcción de USD\$ \$1.538.76 por m³