

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN EN EL MERCADO DE
CARBONO DEL PROYECTO AMPLIACIÓN DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUENTE
PIEDRA - LIMA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO**

PRESENTADO POR:

FREDDY EDINSON HUAMÁN ZÁRATE

LIMA, PERÚ

2014

DEDICATORIA

El presente estudio lo dedico a mi Madre quien ya no me acompaña en este mundo, Zenayda Elvira Zárate Flores, quien ha sido el eje de mi vida a lo largo de los años de mi bien y recordada juventud, inculcándome siempre valores alentándome en cada momento a pesar de todos los inconvenientes sucedidos, logrando de esta manera, hacer de mi un hombre perseverante y luchador. Dedico también el logro del desarrollo de esta tesis a mí padre, Luis Fidencio Huamán Salazar, quien siempre me ha apoyado incondicionalmente, enseñándome cada día ser una persona de bien y correcta. Enseñándome con el ejemplo ser un cumplidor de las tareas propuestas en el recorrido de la vida.

Por todo ello, recalco que la tesis desarrollada lo dedico íntegramente a mis padres, Zenayda Elvira Zárate Flores y Luis Fidencio Huamán Salazar, porque sin ellos no podría ser la persona de hoy. Gracias padres.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres en primer lugar, por el apoyo incondicional que siempre me brindan, y en segundo lugar a mis profesores que me han apoyado en el desarrollo de la presente Tesis, cumpliendo roles de especialistas y de asesor, siendo estas personas a quien quedo muy agradecido: Ing. Jorge Álvarez Lam, Ing. Marco Cerrón, Ing. Otto Rosasco Gerkes e Ing. Roberto O'Connor.

Muchas gracias *padres y amigos* por transmitir sus experiencias y sabidurías, direccionados a terminar la presente tesis.

RESUMEN

La presente tesis ha sido desarrollado utilizando la información del proyecto de propiedad intelectual de SEDAPAL: Perfil del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra. Siendo el ámbito de influencia del presente estudio, la Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Puente Piedra.

El objetivo principal del estudio, es analizar la aplicación en el mercado de carbono del proyecto Ampliación de la PTAR Puente Piedra. Este análisis consiste en primer lugar en estimar a priori las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Escenario Línea Base (sistema compuesto por lagunas facultativas) y del Escenario del Proyecto (tratamiento de las aguas residuales mediante lodos activados, siendo los lodos secundarios y primarios tratados en un digestor anaeróbico con recuperación de biogás y, utilizándose este biogás como combustible en un sistema de cogeneración para generación energía eléctrica que utilizará para atender la demanda de energía eléctrica de la PTAR), el cual permitirá determinar mediante una diferencia entre ambos escenarios las reducciones ex – ante de emisiones GEI expresadas en TnCO₂e/año y, en segundo lugar, el análisis financiero con ingresos de carbono y sin ingresos de carbono para determinar los beneficios que conlleva la aplicación del proyecto en el mercado de carbono.

Las estimaciones a priori de GEI expresadas en Toneladas de CO₂e por año (TnCO₂e/año) se han determinado mediante el desarrollo de una metodología denominada AM0080, seleccionada entre nueve (09) metodologías analizadas y, aprobadas por la Junta Ejecutiva (JE) del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

La Ampliación de la PTAR de Puente Piedra tratará en promedio un caudal de **663 l/s** de aguas residuales con una DQO del 1226 mg/l, cuyos procesos de tratamiento permiten obtener la siguiente calidad de agua residual: DBO₅ de 15 mg/l y DQO de 37,9 mg/l. En relación al tratamiento de los lodos secundarios y primarios, la cantidad de lodo que ingresa al digestor anaerobio para su

estabilización es de 25,873.60 kg/d, generando de esta manera 2,277,860 m³ Biogás/año.

Las mejoras en el tratamiento de las aguas residuales y, en el tratamiento de los lodos, que generan la existencia de actividad del proyecto, permiten reducir las emisiones de GEI, al comparar el Escenario Línea Base con el Escenario del Proyecto. De esta manera se obtiene una estimación a priori de reducción ex-ante de GEI de 50,580 tCO₂/año en promedio (siendo este, el valor de los Certificados de Reducción de Emisiones "CER's") los cuales generan ingresos garantizados de S/. 3,018,121 (Tres millones dieciocho mil ciento veintiuno con 00/100 nuevos soles) en promedio por año, proveniente de la venta de los CER's.

Otro beneficio que otorga la aplicación en el mercado de carbono del proyecto Ampliación de la PTAR Puente Piedra, es el ahorro en energía eléctrica a un 16%, equivalente a 2,299 MWh/año, que se produce al utilizar 2,277,860 m³ Biogás/año como combustible en un sistema de cogeneración. Cabe mencionar que el biogás producido se obtiene del tratamiento de los lodos en el digestor anaerobio.

Por todo lo expuesto, nótese que la aplicación en el mercado de carbono del proyecto Ampliación de la PTAR Puente Piedra, resulta en beneficios financieros provenientes de las ventas de los CER's y ahorros de energía eléctrica, y de otros beneficios que en la presente tesis no se han cuantificados, como son los beneficios sociales, beneficios sanitarios, beneficios ambientales y por ultimo beneficios intangibles como imagen pública y percepción del usuario. De esta manera un VAN negativo en un proyecto de PTAR, no necesariamente implica que no sea viable.

Finalmente, el presente estudio da fe que la inserción en el mercado de carbono de un proyecto de PTAR otorga beneficios financieros, que deberá ser utilizados indefectiblemente por las Empresa Prestadoras de Servicios de nuestro país.

INDICE

	Pag.
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
GLOSARIO	X
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedente	6
1.3. Identificación de la necesidad	8
1.4. Justificación	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO Y LEGAL	9
2.1. Normativa Internacional	9
2.2. Normativa Nacional	33
CAPÍTULO III	37
OBJETIVOS Y APORTES DEL ESTUDIO	37
3.1. Objetivos	37
3.1.1. General	37
3.1.2. Específico	37
3.2. Variables	37
3.2.1. Variables independientes	37
3.2.2. Variables dependientes	37
3.2.3. Variables interviniente	38
3.3. Aportes de la tesis	38
CAPÍTULO IV	39
INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES	39
4.1. Sistema de Alcantarillado	39
4.1.1. Caudales de Contribución	40
4.1.2. Colectores proyectados	41
4.2. Descripción del sistema de Laguna Facultativas	50
4.3. Descripción de la actividad del proyecto - sistema de lodos activados	51
4.3.1. Descripción Técnica de la actividad de proyecto	52
4.3.1.1. Ubicación de la actividad de proyecto	52
4.3.1.2. Categoría de la actividad de proyecto	53
4.3.1.3. Tecnología a ser empleada por la actividad de proyecto	53

CAPÍTULO V	69
EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CLAVES	69
5.1. Fase de Operación de la actividad del proyecto - sistema de lodos activados	69
5.1.1. Consumo de energía que demanda el sistema de lodos activados	69
5.1.2. Eficiencia del tratamiento para determinadas unidades	71
5.1.3. Producción de Biogás durante la digestión de lodos y generación de energía cogenerada	71
5.2. Emisión de nutrientes con el agua residual tratada	72
5.3. Emisión de patógenos con el agua residual tratada	73
5.4. Cumplimiento de los LMP para efluentes de PTAR	73
CAPÍTULO VI	75
ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	75
6.1. Cantidad estimada a priori de reducción de emisiones de GEI durante el periodo de acreditación seleccionado	75
6.2. Financiamiento público de la actividad de proyecto y participación para realizar un proyecto MDL	76
6.3. Metodología de Línea Base y monitoreo	77
6.3.1. Título y referencia de la metodología de Línea Base y monitoreo aprobada aplicada a la actividad de proyecto	77
6.3.2. Justificación de la elección de la metodología y porque es aplicable a la actividad de proyecto	77
6.3.3. Descripción de las fuentes y gases incluidos en el límite del proyecto	79
6.3.4. Descripción de como el escenario Línea Base es identificado y descripción del escenario Línea Base identificado	80
6.3.5. Descripción de cómo las emisiones antropogénicas de GEI por la fuentes son reducidas por debajo de aquellas que ocurrirían en la ausencia de la actividad de proyecto MDL (evaluación y demostración de adicionalidad)	94
6.3.6. Reducción de emisiones de GEI	97
6.3.6.1. Explicación de metodología seleccionada	97
6.3.6.2. Datos y parámetros disponibles en la validación	119
CAPÍTULO VII	135
RESULTADOS OBTENIDOS	135
7.1. ESTIMACIONES A PRIORI DE LAS REDUCCIÓN EX – ANTE DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	135
7.1.1. Cálculos ex-ante de las reducción de emisiones	135
7.1.2. Resumen de la estimación a priori y ex – ante de la reducción de emisiones	136
7.2. Análisis Financiero del escenario del proyecto con aplicación en el mercado de carbono y sin aplicación en el mercado de carbono	137
CAPÍTULO VIII	138
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	138

CAPÍTULO IX	140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
9.1. Conclusiones	140
9.2. Limitaciones del estudio	142
9.3. Recomendaciones	142
BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXO I: ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES EN LA LÍNEA BASE Y EN EL PROYECTO	145
ANEXO II: ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO CON Y SIN APLICACIÓN EN EL MERCADO DE CARBONO	149
ANEXO III: MEMORIA DE CÁLCULO - DISEÑO DE LAGUNAS FACULTATIVAS	155
ANEXO IV: NORMATIVIDAD	159
ANEXO V: EXPERIENCIA DE LA PTAR MARRAKECH	161
ANEXO VI: PLANO DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LA AMPLIACIÓN DE LA PTAR PUENTE PIEDRA	163

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N° 1.1:	Cuadro comparativo entre el proyecto: Ampliación de la PTAR Puente Piedra Vs. la experiencia de la PTAR Marrakech
Cuadro N° 4.1:	Caudales de diseño para la PTAR Puente Piedra (Existente y Ampliación)
Cuadro N° 4.2:	Metrado de Colectores
Cuadro N° 4.3:	Metrado de Buzones - Colector Puente Piedra 2
Cuadro N° 4.4:	Metrado de Buzones Normales - Colector Puente Piedra
Cuadro N° 4.5:	Resumen de Metrados de Tuberías del colector Puente Piedra 2
Cuadro N° 4.6:	Metrado de Buzones Colector Copacabana
Cuadro N° 4.7:	Resumen de Metrados de Tuberías del Colector Copacabana
Cuadro N° 4.8:	Metrado de Buzones Colector Canta Callao
Cuadro N° 4.9:	Resumen de Metrados de Tuberías del Colector Canta Callao
Cuadro N° 4.10:	Características del Afluente y calidad del Efluente Esperado
Cuadro N° 4.11:	Unidades de Tratamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto
Cuadro N° 4.12:	Características técnicas del espesador de lodos

Cuadro N° 4.13:	Características técnicas del digestor anaeróbico
Cuadro N° 4.14:	Características técnicas de las centrífugas
Cuadro N° 5.1:	Cuadro resumen de potencias instaladas y energía requerida por el sistema de lodos activados
Cuadro N° 5.2:	Cuadro de eficiencia de remoción
Cuadro N° 5.3:	Producción de Biogás y generación de energía cogenerada
Cuadro N° 5.4:	Energía requerida de la red eléctrica
Cuadro N° 5.5:	Elementos patógenos
Cuadro N° 5.6:	Cumplimiento de los LMP para vertidos a cuerpos de agua
Cuadro N° 6.1:	Resumen de estimación a priori de la reducción de emisiones de GEI por año
Cuadro N° 6.2:	Justificación de la elección de la metodología AM0080
Cuadro N° 6.3:	Fuentes de emisiones y gases incluidos en el límite del proyecto a efectos de calcular las emisiones del proyecto y las emisiones de la Línea Base
Cuadro N° 6.4:	Identificación de alternativas de escenarios – Aguas Residuales
Cuadro N° 6.5:	Identificación de alternativas de escenarios – Lodos
Cuadro N° 6.6:	Identificación de alternativas de escenarios – Electricidad
Cuadro N° 6.7:	Identificación de alternativas de escenarios – Calor
Cuadro N° 6.8:	Alternativas Identificadas
Cuadro N° 6.9:	Tipo de emisiones de GEI en el Escenario Línea Base
Cuadro N° 6.10:	Tipo de emisiones de GEI en el Escenario del Proyecto
Cuadro N° 6.11:	Factor de conversión de metano
Cuadro N° 7.1:	Emisiones a priori en la Línea Base
Cuadro N° 7.2:	Emisiones a priori del proyecto
Cuadro N° 7.3:	Estimación ex - ante de reducción de emisiones de GEI
Cuadro N° 7.4:	Resumen de estimación a priori y ex - ante de las reducciones de emisiones de GEI

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Grafico N° 1.1:	Escenario Base – AM0039
Grafico N° 1.2:	Escenario del proyecto – AM0039
Grafico N° 1.3:	Escenario Base – AM0080

Grafico N° 1.4:	Escenario del proyecto – AM0080
Grafico N° 1.5:	Escenario Base – ACM0014
Grafico N° 1.6:	Escenario del proyecto – ACM0014
Grafico N° 1.7:	Escenario Base – AMS-III.D.
Grafico N° 1.8:	Escenario del proyecto – AMS-III.D.
Grafico N° 1.9:	Escenario Base – AMS-III.E.
Grafico N° 1.10:	Escenario del proyecto – AMS-III.E.
Grafico N° 1.11:	Escenario Base – AMS-III.F.
Grafico N° 1.12:	Escenario del proyecto – AMS-III.F.
Grafico N° 1.13:	Escenario Base – AMS-III.H.
Grafico N° 1.14:	Escenario del proyecto – AMS-III.H.
Grafico N° 1.15:	Escenario Base – AMS-III.I.
Grafico N° 1.16:	Escenario del proyecto – AMS-III.I.
Grafico N° 1.17:	Escenario Base – AMS-III.AO.
Grafico N° 1.18:	Escenario del proyecto – AMS-III.AO.
Gráfico N° 4.1:	Ubicación de la actividad de proyecto
Gráfico N° 4.2:	Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales y lodos
Gráfico N° 6.1:	Diagrama del escenario Línea Base
Grafico N° 6.2:	Flujograma del Escenario Línea Base
Grafico N° 6.3:	Flujograma del Escenario del Proyecto
Gráfico N° 01:	Ubicación de la PTAR Marrakech existente
Gráfico N° 02:	Vista panorámica de la PTAR existente Marrakech

RELACIÓN DE PLANOS

Planos N° 4.1:	Esquema General de Áreas de Drenaje
Planos N° 01:	Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Distribución General
Planos N° 02:	Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Redes de tratamiento
Planos N° 03:	Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Tubería de recolección de gases - Tratamiento de lodos

GLOSARIO

MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
PK	Protocolo de Kyoto

PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
CER's	Certificados de Reducción de Emisiones
JE	Junta Ejecutiva del MDL
GEI	Gases de Efecto Invernadero
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
AM	Metodologías aprobadas de gran escala
ACM	Metodologías consolidadas aprobadas
AMS	Metodologías aprobadas de pequeña escala
WPJ,COD,ww	Demanda Química de Oxígeno del agua residual en el proyecto (t/m ³)
COD _{BL,ww,y}	Carga orgánica en el escenario Línea Base, expresando la cantidad de Demanda Química de Oxígeno por año (tCOD/año)
COD _{PJ,ww,y}	Carga orgánica en el escenario del proyecto, expresando la cantidad de Demanda Química de Oxígeno por año (tCOD/año)
LMP	Límites Máximos Permisibles

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

1.1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país no existen proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Por ello, surge la necesidad de evaluar un proyecto enmarcado en el MDL, siendo seleccionado para el presente estudio el proyecto denominado: “Ampliación y Mejoramiento del colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del área de drenaje de la PTAR Puente Piedra”, que se encuentra en la Etapa de Pre Inversión del ciclo de proyectos de Inversión Pública, y es de propiedad intelectual de SEDAPAL.

El proyecto en mención tiene previsto la implementación de un Laudo Arbitral¹ para el presente mes (Enero 2014), su ejecución es una condición indispensable para continuar con la subsanación de observaciones por parte del Consultor HC&Asociados S.R.L. Cabe mencionar que las observaciones presentadas al estudio fueron emitidas por la Unidad Evaluadora (OPI – FONAFE).

De esta manera si se absuelve las consultas de OPI-FONAFE el proyecto podría alcanzar la viabilidad, toda vez que las observaciones de fondo al componente PTAR Puente Piedra son de carácter técnico, en específico al diseño de la PTAR.

El proyecto considera en su diseño: la captura, almacenamiento y transporte de metano, equipos de cogeneración, entre otros componentes. Se señala estos componentes por resaltar que el proyecto contempla la generación de energía eléctrica utilizando como combustible el metano, obtenido durante la digestión de los lodos, considerándose de esta manera un proyecto MDL.

¹ EL Laudo Arbitral se encuentra en observación por parte del Equipo de Asuntos Legales – SEDAPAL. Mediante Memorando N° 1858-2013-EAL emitida el 08.11.13 el Equipo de Asuntos Legales –SEDAPAL solicita al Equipo Gestión de Proyectos Norte – SEDAPAL, que se aclare algunas controversias del Laudo Arbitral.

Cabe mencionar que del proyecto: “Ampliación y Mejoramiento del colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del área de drenaje de la PTAR Puente Piedra”, solo se va considerar del proyecto en total la **“Ampliación de la PTAR Puente Piedra”**, justo este último contempla la construcción de un sistema de Lodos Activados, aquello por pretender analizar una PTAR de Lodos Activados, que es un sistema de utilización mundial.

Conociendo ya los beneficios reales que implica ejecutar un proyecto MDL en PTAR, surge la intención de analizar la aplicación en el Mercado de Carbono de un proyecto MDL en PTAR, el cual implica realizar una estimación a priori de las emisiones de gases de efecto invernadero y evaluar financieramente su aplicación en el Mercado de Carbono.

A continuación se muestra un proyecto ejecutado MDL en PTAR, **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Marrakech²**, el mismo que evidencia el funcionamiento y la aplicación en el Mercado de Carbono de un proyecto MDL en PTAR (el proyecto emplea un sistema de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales). Y con la finalidad de exponer la experiencia de la PTAR de Marrakech, se presenta un cuadro comparativo (descriptivo y técnico) entre el proyecto en estudio “Ampliación de la PTAR Puente Piedra” Vs. la “PTAR Marrakech existente”.

Cuadro N° 1.1: Cuadro comparativo entre el proyecto: Ampliación de la PTAR Puente Piedra Vs. la experiencia de la PTAR Marrakech

Descripción	Proyecto: Ampliación de la PTAR Puente Piedra	PTAR Marrakech (sistema existente)
Ubicación	País, Departamento, Provincia, Distrito: Perú, Lima, Lima, Puente Piedra	País, Localidad: Marruecos, Marrakech
Población beneficiada promedio (determinado en el periodo de acreditación del proyecto MDL)	599 124 personas	950 000 personas

² En la siguiente página web: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/BVQI1321636951.04/view>, se ubica el documento de diseño del proyecto y su correspondiente reporte de validación de la JE del MDL, el mismo que valida su existencia y funcionamiento.

Descripción	Proyecto: Ampliación de la PTAR Puente Piedra	PTAR Marrakech (sistema existente)
Entidades Financieras	SEDAPAL, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento	RADEEMA, Gobierno Marroquí y accionistas de los Campos de Golf
Inversión	S/. 148,836,452.00 soles	S/. 430 millones de soles.
Caudal promedio de agua residual (determinado en el periodo de acreditación del proyecto MDL)	0.663 m ³ /s	1.27 m ³ /s
Sistema de tratamiento de aguas residuales	Lodos activados	Lodos activados
Componentes principales relacionados a contribuir con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	Digestor anaeróbico para el tratamiento de gases de efecto invernadero, estructuras de almacenamiento de biogás y sistema de cogeneración	Digestor anaeróbico para el tratamiento de gases de efecto invernadero, estructuras de almacenamiento de biogás y sistema de cogeneración
Cantidad de energía eléctrica generada (energía cogenerada)	A estimarse en el estudio	30 MWh/día
Porcentaje de la demanda de energía total que es atendida con energía cogenerada	A estimarse en el estudio	50%
Cuenta con reporte de validación y aprobación de la Junta Ejecutiva	No	Si
Fecha del registro del proyecto MDL y número del proyecto ubicable en la página web de la UNFCCC	No está registrado	Fecha: 11.02.2012 N° proyecto: 5434.
Metodología utilizada para estimar a priori las emisiones de GEI (establecida por la JE del MDL)	AM0080	AM0080
Cantidad de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero expresadas en tCO ₂ e/año	A estimarse en el estudio	62,488.00 tCO ₂ e/año
Periodo de acreditación del proyecto MDL	Del año 2014 hasta el año 2020	Del 01.01.2013 hasta el 31.12.2022.
Puesta en marcha del proyecto	Se tiene previsto para el 2014	Diciembre del 2011

Para un mejor entendimiento de los Capítulos y Anexos se expone un resumen de sus contenidos:

El presente Capítulo I, detalla los antecedentes, identificación de la necesidad y justificación de la presente tesis.

El Capítulo II, especifica la normativa Internacional y Nacional, especificando en la Normatividad Internacional nueve (09) metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio, las mismas que permitirán seleccionar la metodología aplicable en el presente estudio.

El Capítulo III, expone los objetivos, variables y aportes de la tesis, siendo el objetivo clave la estimación a priori de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y su Análisis de aplicación en el Mercado de Carbono.

En el Capítulo IV, se describe la infraestructura del sistema de aguas residuales, detallando el sistema de recolección y las dos alternativas de construcción para la ampliación de la PTAR Puente Piedra, siendo la primera un Sistema de Lagunas Facultativas y la segunda un Sistema de Lodos Activados.

El Capítulo V, especifica la demanda de energía eléctrica de la Ampliación de la PTAR Puente Piedra, la eficiencia del tratamiento para determinados parámetros de calidad de agua, la emisión de nutrientes y patógenos con el agua residual tratada y el cumplimiento de los LMP para efluentes de la PTAR.

En el Capítulo VI, se justifica la elección de la metodología y porque es aplicable a la actividad del proyecto, se establece cuales son los GEI incluidos en el proyecto, se identifica el escenario Línea Base y se explica la metodología aplicable al proyecto.

El Capítulo VII, muestra las estimaciones a priori de las emisiones de GEI en el Escenario Línea Base y en el Escenario del proyecto, las estimaciones ex – ante de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el análisis financiero del escenario de proyecto con y sin aplicación en el mercado de carbono.

En el Capítulo VIII, se discute los resultados obtenidos, especificando consideraciones tomadas en el estudio y sus repercusiones en los resultados.

En el Capítulo IX, se menciona las conclusiones, las recomendaciones y las limitaciones del estudio, siendo una de las principales conclusiones, el reemplazo en un 16% de energía eléctrica por energía cogenerada, demandada por la ampliación de la PTAR Puente Piedra y, el de obtener ingresos anuales de S/. 3,018,121 (Tres millones dieciocho mil ciento veintiuno con 00/100 nuevos soles) por la venta de CER's en el Mercado de Carbono, entre otros.

En el Anexo I, se muestra los cálculos para la estimación a priori de las emisiones de GEI en el escenario Línea Base y en el Escenario del proyecto.

En el Anexo II, se detalla los componentes y variables que interfieren en el proyecto, con sus respectivos costos asociados a lo largo del periodo de acreditación, para posteriormente traerlo a valor presente y determinar el VAN, este análisis se realiza tanto para el proyecto con aplicación en el mercado de carbono, así como sin aplicación en el mercado de carbono.

El Anexo III, muestra la memoria de cálculo del diseño de lagunas facultativas, representando una alternativa de construcción para la PTAR Puente Piedra.

El Anexo IV, especifica la Normatividad Internacional y Nacional que permite entender lo concerniente al Protocolo de Kyoto y al desarrollo de proyectos MDL.

El Anexo V, muestra la experiencia de Marrakech, que es un caso de un proyecto MDL existente en PTAR, el mismo que utiliza como tecnología de tratamiento el sistema de lodos activados, coincidente al sistema de tratamiento del Escenario del Proyecto de la presente tesis., .

Y por último en el Anexo VI, se observa los planos de la Ampliación de la PTAR Puente Piedra, detallando su distribución general (componentes de tratamiento), redes de alcantarillado (líneas de tratamiento de agua residual) y, líneas de recolección de gases y de lodos, así como los componentes para el tratamiento de lodos. Todos estos planos se muestran con vista en planta.

1.2. ANTECEDENTE

En la actualidad se explora el uso de instrumentos financieros ligados al Mercado de Carbono, destacando los proyectos de captura de metano en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

La implementación de un proyecto que reduzca emisiones de GEI y/o el uso de una fuente de energía basada en combustibles fósiles (que emite GEI), permitirá la posibilidad de generar los llamados “Bonos de Carbono” o “Certificados de Reducción de Emisiones (CER’s)”, los cuales después pueden ser vendidos a los interesados (Stakeholders), para así ser contabilizadas las reducciones de emisiones de GEI como propias, esto se enmarca en un mecanismo de flexibilización establecido en el Protocolo de Kyoto (PK), denominado Mecanismo de Desarrollo Limpio³.

En el mundo los proyectos de MDL son clasificados en distintos “ámbitos sectoriales”. Dos ámbitos sectoriales incluyen actividades relacionadas al tratamiento de efluentes:

- Ámbito 13: Manejo y disposición de residuos; y,
- Ámbito 15: Agricultura.

Hasta mayo del 2012 habían sido registrados un total de 5 513 proyectos MDL, de los cuales 848 pertenecían a estos dos ámbitos (15% del total)⁴.

Se estima que 6,7% de los GEI emitidos a la atmosfera por actividades antropogénicas provienen del tratamiento de efluentes (incluyendo efluentes industriales, ganaderos y domésticos).⁵

³ En el Capítulo II, Marco Teórico y Legal, 2.1 Normativa Internacional, se conceptúa el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

⁴ Véase <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>

⁵World Resources Institute, 2000. “Navigating Numbers - GHG Data and International Climate Policy”.

La eventual generación de bonos de carbono y la posibilidad de recuperación de energía constituyen un incentivo en el desarrollo e implementación de tecnologías de tratamiento de efluentes que permitan la generación, captura y aprovechamiento energético de biogás.

Con respecto a proyectos MDL en PTAR, en el Perú, se cuenta con 0 proyectos MDL relacionados con el tratamiento de aguas residuales.

En el país, de un total de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)⁶, pocos son los proyectos que puede llamarse exitosos. Ello se debe; por un lado, a la visión sesgada de las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) que no llegan a descubrir el potencial socio económico de las aguas residuales tratadas y, debido principalmente a la ausencia de una cultura de protección del ambiente como parte de la misión de las EPS, resultando finalmente la contaminación de los cuerpos de agua que reciben efluentes de insuficiente calidad y, vertimientos de aguas residuales crudas provenientes de los sistemas de alcantarillado.

La Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), registró en el 2010 un volumen tratado de aguas residuales de 86 823 m³, el cual equivale a 2 734.00 lps⁷, contando para ello con 17 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con tecnologías de sistemas anaerobios - aerobios, lodos activados, lagunas aireadas, lagunas de oxidación y filtro percolador.

El caudal descargado de agua residual tratada y no tratada en el 2010, ha sido de 18.16 m³/s⁴, por lo tanto se concluye que la capacidad de tratamiento de las aguas residuales ha sido 15.165%.

El indicador de capacidad de tratamiento refleja la falencia en Gestión de la Empresa Prestadora de Servicio.

⁶ SUNASS – Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2008. Estudio: “Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución” - Pag. 6.

⁷EPS SEDAPAL S.A. - Anuario Estadístico 2010 - Gerencia de Desarrollo e Investigación - Equipo Planeamiento Operativo y Financiero.

Cabe señalar la importancia del tratamiento de las aguas residuales, sabiendo que el reúso de las aguas tratadas es un elemento potencial, en términos económicos, tanto para la agricultura, pesca, recreación, y su reúso a un nivel de tratamiento cuaternario para abastecimiento de agua potable para consumo humano.

1.3. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

La ausencia de Proyectos de MDL en PTAR en el Perú, trae muchas necesidades, siendo la primera, el cómo se estima a priori la reducción ex – ante de Gases de Efecto Invernadero y la segunda, identificar qué beneficios y costos conlleva la implementación de un proyecto MDL en PTAR.

1.4. Justificación

La justificación de la tesis se sustenta en saber cuánto es la emisión a priori de la reducciones ex – ante de Gases de Efecto Invernadero y qué beneficios tangibles conlleva el insertar al Mercado de Carbono el proyecto Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Lima.

De esta manera estos beneficios compensarían los gastos por operación y mantenimiento de la PTAR.

Y a lo largo del tiempo, claro está en el periodo acreditado del proyecto MDL, se garantizaría la eficiencia de la PTAR por estar condicionada a ciertos requisitos establecidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y LEGAL

EL presente trabajo se desarrollará teniendo como marco jurídico la normatividad de conservación y protección del medio ambiente vigente en el Estado peruano, de elaboración de proyectos de saneamiento y de proyectos MDL, así como de Protocolos Internacionales.

2.1. NORMATIVA INTERNACIONAL

a. **Protocolo de Kyoto (PK) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**⁸ – 11.12.1997

El PK es lo que pone en práctica la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, este protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de GEI reduciendo para el periodo 2008 – 2012 sus emisiones de gases de efecto invernadero en aproximadamente 5.8% por debajo de sus niveles en el año 1990. Mientras que la Convención solo alienta a los países a hacerlo.

El PK fue estructurado en función de los principios de la Convención. Establece la reducción de emisiones en 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles GEI que hay actualmente en la atmósfera.

El protocolo ha propiciado la creación del mercado de carbono de cumplimiento regulado, el cual se rige por tres mecanismos de flexibilización, siendo:

- . Comercio de los derechos de emisión (Art. 17 del PK): Venta de reducciones de emisiones excedentes de un país a otro país industrializado que no cumple con sus metas de reducción de emisiones. Las unidades de venta se denominan *Unidades Asignadas Autorizadas (AAU)*.

⁸ Marco normativo para el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

- . Implementación conjunta (Art. 6 del PK): Mediante este mecanismo, los países del Anexo I del PK pueden disponer de cierto grado de libertad e invertir en proyectos en otro país incluido en el Anexo I y contabilizar las unidades de reducción de emisiones para alcanzar sus compromisos de reducción de GEI. Las unidades de venta se denominan *Unidades de Reducción de Emisiones (ERU)*.
- . Mecanismo de Desarrollo Limpio (Art. 12 del PK): Es el único que involucra a países en desarrollo. El MDL permite que proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo pueden obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de **Certificados de Reducción de Emisiones (CER's)**, mitigando la emisión o secuestrando gases de efecto invernadero de la atmósfera. El propósito de MDL es ayudar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible, así como contribuir a los países con metas de reducción emisiones de GEI, a fin de cumplir sus compromisos cuantificados.

Cabe mencionar que estos mecanismos permiten a los países que ratificaron el PK cumplir sus metas asumidas de reducción de emisiones de GEI.

El MDL es la principal fuente de ingresos para el Fondo de Adaptación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), que se creó para financiar proyectos y programas de adaptación en países en desarrollo, que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático. El Fondo de Adaptación se financia con un gravamen del 2% sobre las CER's expedidas por el MDL.

La JE del MDL fue establecida por el Art. 12 del presente protocolo, y es la entidad Internacional que supervisa el registro de los proyectos MDL y sus procedimientos relacionados.

Uno de los objetivos de la JE es aprobar Metodologías que permiten estandarizar el método de análisis para la estimación *a priori* de reducción de emisiones que un determinado proyecto dentro del Marco del MDL puede conseguir.

Las Metodologías Aprobadas (AM) tienen como inicio metodologías propuestas en proyectos anteriores que han sido previamente revisadas y aprobadas por la Junta Ejecutiva (supervisora del mecanismo MDL) y publicadas junto con las guías pertinentes. Estas metodologías se aplican en la etapa de creación del Documento de Diseño del Proyecto (PDD), que el responsable deberá presentar ante la Entidad de Operación Designada para su validación y durante la operación del proyecto su implementación.

Estas Metodologías aprobadas son públicas y se encuentran colgadas en el sitio web de la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático (<http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>), enmarcándonos en el tema a desarrollar, establecemos que nuestro estudio es un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio, el cual permitirá obtener bonos de carbono (o certificados de reducción de emisiones) y así garantizando un recurso financiero adicional necesario para fomentar los proyectos de inversión en tecnologías limpias.

A continuación mencionaremos que metodologías aprobadas por la JE para actividades de proyectos MDL, tienen relación con la estimación a priori de gases de efecto invernadero en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y tratamiento de lodos, las mismas que están subdivididas en Metodologías aprobadas de gran escala (AM), Metodologías consolidadas aprobadas (ACM) y Metodologías aprobadas de pequeña escala (AMS), siendo las siguientes:

a) Metodologías aprobadas de gran escala (AM):

- i) **AM0039:** Reducción de emisiones de metano de las aguas residuales orgánicas (lodos) y residuos sólidos biorgánicos usando compostaje.

Proyecto típico(s)

La metodología es aplicable a proyectos que eviten las emisiones de CH₄ resultantes de la degradación anaeróbica de aguas residuales orgánicas (lodos) en lagunas abiertas o tanques de almacenamiento o de la descomposición natural de los residuos sólidos en rellenos biorgánicos (no de la gestión del estiércol).

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

Evitar las emisiones de GEI. El proyecto evita emisiones de CH₄.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . Aguas residuales orgánicas (lodos) y residuos sólidos orgánicos se pueden generar en lugares separados;
- . Residuos sólidos biorgánicos puede ser de un único tipo o varios tipos mezclados en diferentes proporciones, siempre que la proporción se puede determinar;
- . Un proceso de compostaje se utiliza para tratar las aguas residuales orgánicas (lodos) y los residuos biorgánicos;
- . Las lagunas anaeróbicas o tanques de almacenamiento utilizados para el tratamiento de las aguas residuales orgánicas (lodos) cumplen las condiciones específicas de temperatura ambiente, profundidad y tiempo de retención.

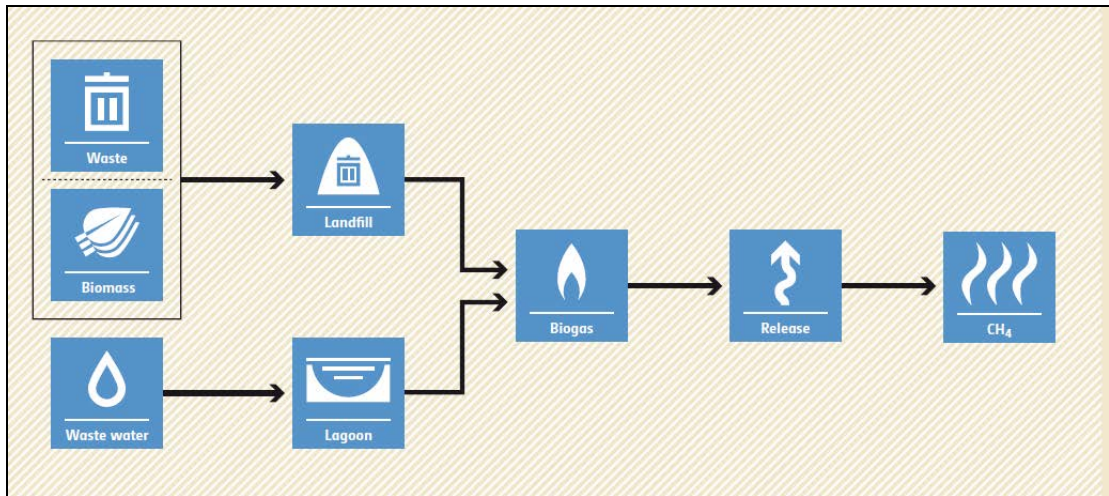
Parámetros importantes de Monitoreo:

- . Demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales;
- . El compost producido;
- . Los residuos orgánicos vertidos;
- . Energía y las necesidades de transporte de la ejecución del proyecto.

Escenario Línea Base

El vertido de los residuos sólidos biorgánicos y el tratamiento de aguas residuales en una laguna anaeróbica ya existente o que se construya una nueva o en tanques abiertos resulta en emisiones de CH₄.

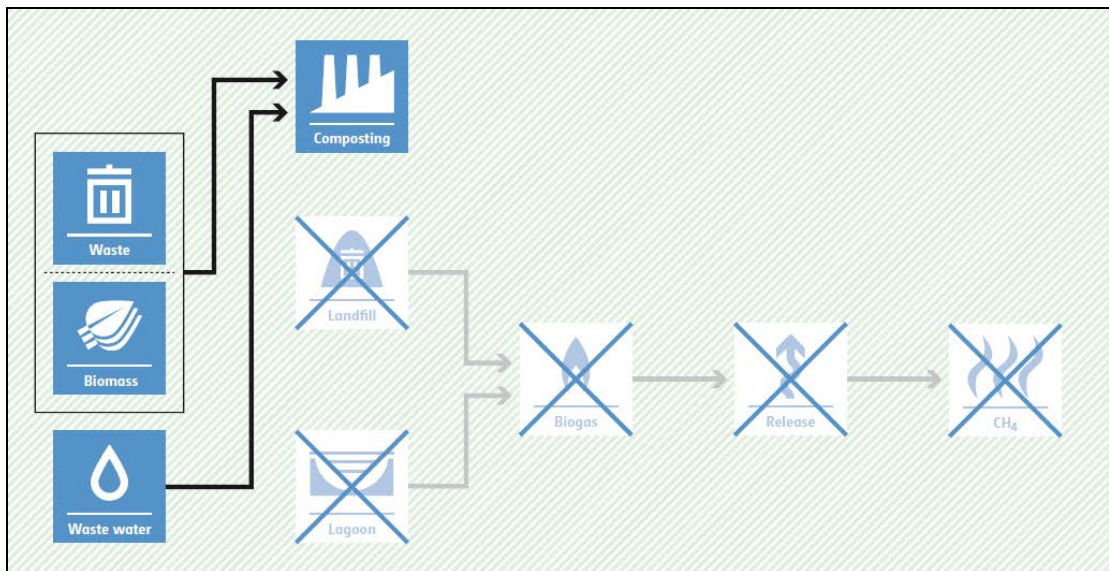
Grafico N° 1.1: Escenario Base – AM0039



Escenario del Proyecto

Compostaje para el tratamiento de las aguas residuales orgánicas (lodos) y el residuo orgánico. Las emisiones de CH₄ por la descomposición anaeróbica se evitan.

Grafico N° 1.2: Escenario del proyecto – AM0039



- ii) **AM0080:** Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el tratamiento de aguas residuales en plantas de tratamiento aeróbico de aguas residuales.

Proyecto típico(s)

La implementación de una nueva planta de tratamiento aeróbico de aguas residuales para el tratamiento de agua residual doméstica y/o agua residual industrial, con lodos tratados, ya sea de la misma manera como en la Línea Base, o en un digestor anaeróbico nuevo con captación de biogás. El biogás se podría quemar y/o utilizarse para generar electricidad y/o calor.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

Evitar las emisiones de GEI. La mitigación de las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento de aguas residuales.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . El proyecto o bien sustituye a un sistema anaeróbico existente de laguna abierta, con o sin conversión del sistema de tratamiento de lodos, o es una alternativa a un nuevo sistema anaerobio de laguna abierta que se construirá;
- . Las cargas volumétrica del agua residual debe ser lo suficientemente alta como para asegurar que la producción de oxígeno de las algas se puedan descartar en la Línea Base;
- . La profundidad media de la existente o del nuevo sistema anaerobio de lagunas abiertas que se construirá es de un metro como mínimo y el tiempo de retención de la materia orgánica es de al menos 30 días.

Parámetros importantes de Monitoreo:

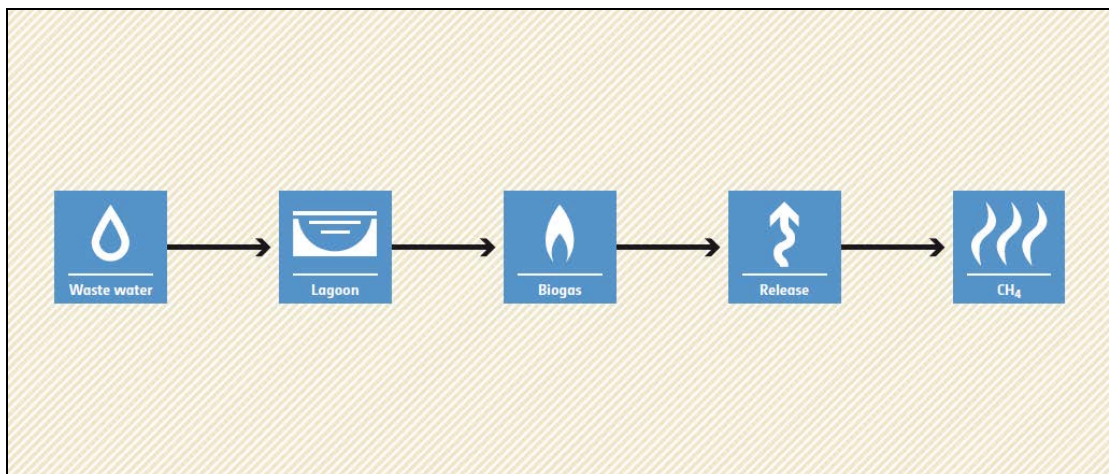
- . Cantidad y demanda química de oxígeno promedio de las aguas residuales que se trata;
- . La electricidad y el calor generado con el biogás procedente de la nueva digestión anaerobia, si corresponde;
- . La cantidad de lodos producidos;

- . Los combustibles fósiles, electricidad y transporte necesarios para el funcionamiento del proyecto.

Escenario Línea Base

Aguas residuales que han sido tratadas con un sistema de laguna abierta anaeróbico sin recuperación de metano y liberados. Los lodos habrían sido vaciados o dejados a descomponer, o se seca en condiciones controladas y aeróbicas y luego se eliminan en un vertedero con recuperación de metano o se usa en aplicaciones para el suelo.

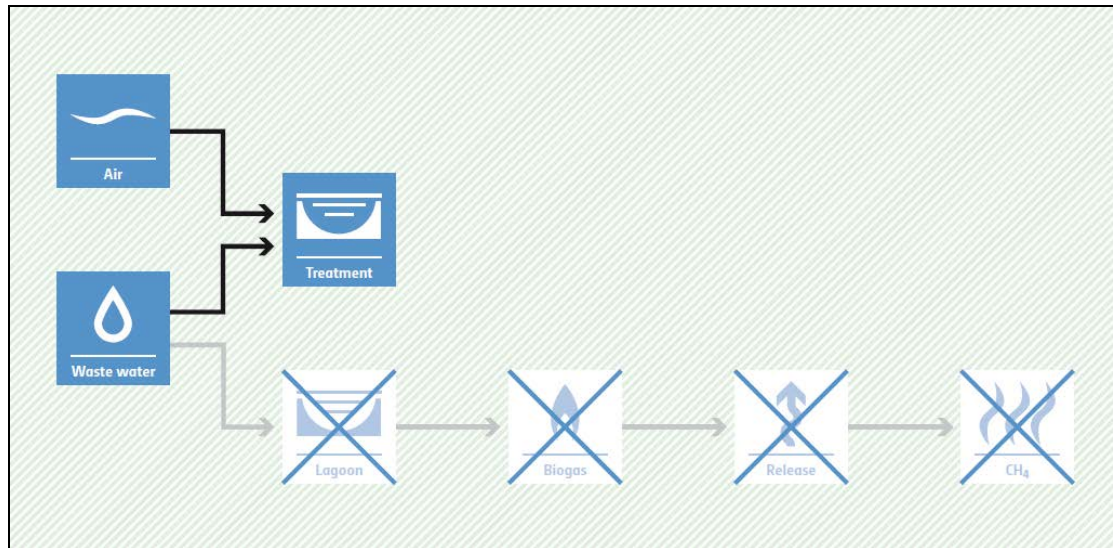
Grafico N° 1.3: Escenario Base – AM0080



Escenario del Proyecto

La instalación de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica. El lodo se trata ya sea de la misma manera como en la Línea Base o en un digestor anaeróbico nuevo con la captación del biogás.

Grafico N° 1.4: Escenario del proyecto – AM0080



b) Metodologías consolidadas aprobadas (ACM):

- i) **ACM0014:** Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del tratamiento de aguas residuales industriales.

Proyecto típico (s)

Tratamiento de aguas residuales industriales en un nuevo digestor anaeróbico, captura y quemado y/o captura y utilización del biogás generado para la electricidad o para la generación de calor, o la deshidratación de aguas residuales industriales y su disposición en la tierra; o el tratamiento de aguas residuales industriales en la misma planta de tratamiento como en la situación de la Línea Base pero el tratamiento de los lodos del decantador primario y/o secundario será en un digestor anaeróbico nuevo o el tratamiento de los lodos será bajo condiciones claramente aeróbicas.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

- . Destrucción de las emisiones de metano y el desplazamiento de más de GEI intensivo de servicios.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . La profundidad media de las lagunas abiertas o pozos de lodo en el escenario Línea Base es de al menos un metro;
- . El tiempo de retención de la materia orgánica en el sistema de laguna abierta debe ser de al menos 30 días;
- . Las regulaciones locales permiten la descarga de aguas residuales en lagunas abiertas;
- . Los lodos producidos durante la ejecución del proyecto no se almacena en el sitio antes de la aplicación al suelo para evitar posibles emisiones de metano derivadas de la degradación anaeróbica.

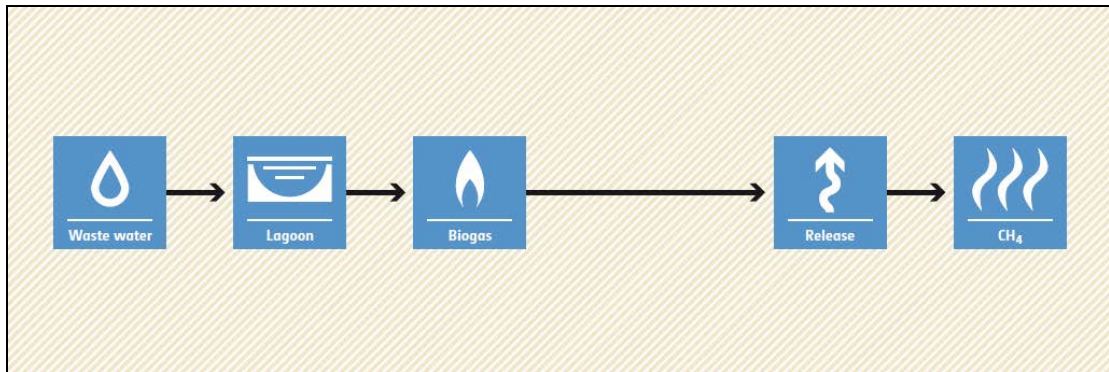
Parámetros importantes de Monitoreo:

- . Cantidad y demanda química de oxígeno de las aguas residuales o lodos que se trata en el proyecto;
- . Cantidad de biogás conseguidas y la concentración de metano en el biogás;
- . Cantidad neta de electricidad o calor generado en el proyecto;
- . Cantidad de aguas residuales deshidratadas que se aplicará a la tierra.

Escenario Línea Base

El existente sistema de tratamiento de aguas residuales produce emisiones de metano a la atmósfera.

Grafico N° 1.5: Escenario Base – ACM0014



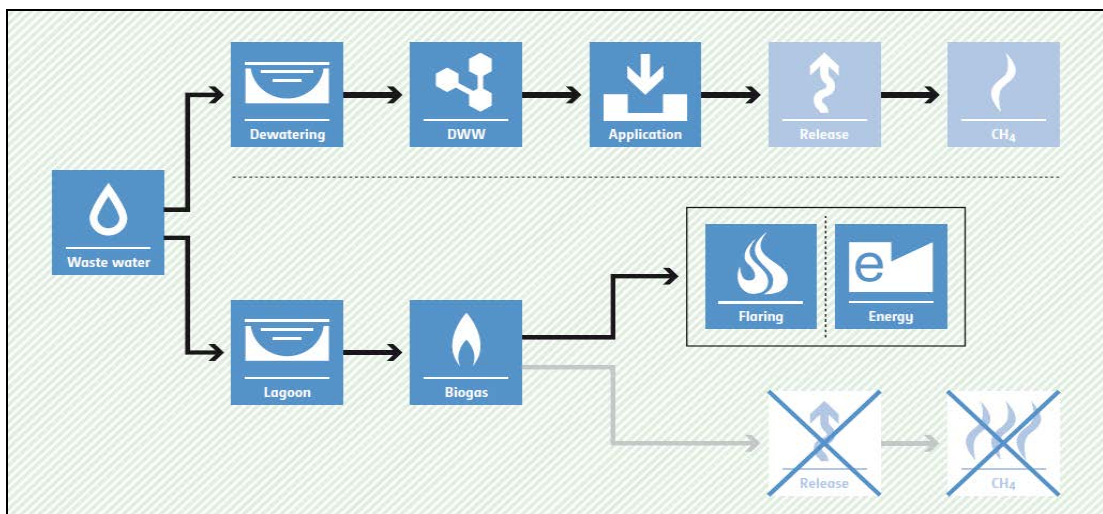
Escenario del Proyecto

La captura de metano en el sistema de tratamiento de aguas residuales resulta en menos emisiones de GEI.

En caso de uso energético de metano, se desplazan los GEI con mayor potencial de calentamiento, producto de la generación de energía contaminante.

En el caso que las aguas residuales se deshidratan, estas tienen como disposición final la aplicación sobre el suelo, el cual resulta en la liberación de metano a la atmósfera.

Grafico N° 1.6: Escenario del proyecto – ACM0014



c) Metodologías aprobadas de pequeña escala (AMS):

- i) **AMS-III.D.**: Recuperación de metano en sistemas de manejo de estiércol de animales.

Proyecto típico (s)

El reemplazo o la modificación de los existentes sistemas anaerobios de manejo del estiércol en las explotaciones ganaderas, o tratamiento de estiércol recogidos de varias granjas en una planta centralizada para lograr la recuperación de metano y la destrucción por quema/combustión o aprovechamiento energético del metano recuperado.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

- . Destrucción de GEI y el desplazamiento de GEI con mayor potencial de calentamiento, producidos en los servicios energéticos.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . El estiércol o los flujos obtenidos después del tratamiento no se descargan en los cuerpos naturales de agua (ríos o lagunas por ejemplo);
- . En el escenario Línea Base el tiempo de retención de los residuos del estiércol en el sistema de tratamiento anaeróbico es mayor que un mes, y en caso de lagunas anaeróbicas en la Línea Base, sus profundidades son por lo menos de 1 m;
- . Los Lodos finales deben ser manejados aeróbicamente;
- . El tiempo de almacenamiento del estiércol después de ser removidos de los establos de los animales, donde se incluye el transporte, no debe exceder de 45 días antes de ser introducido en el digestor anaeróbico, a menos que se demuestre que el contenido de materia seca del estiércol cuando se extraen de los establos de animales es más de 20%.

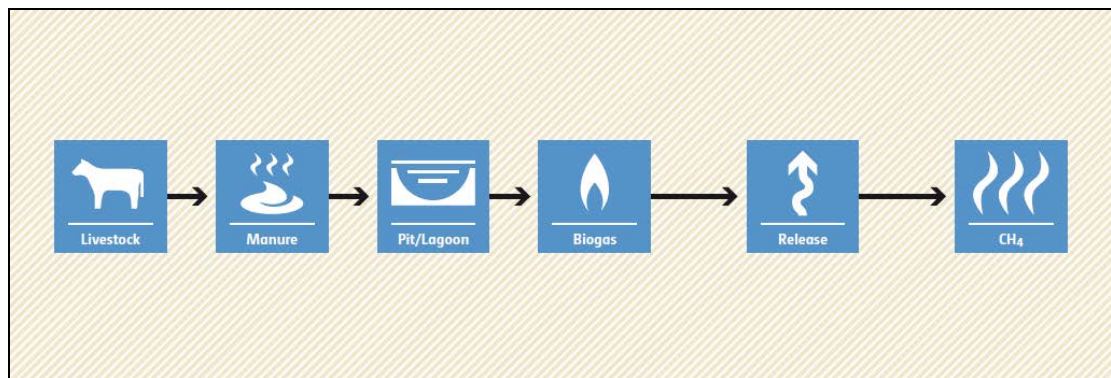
Parámetros importantes de Monitoreo:

- . La cantidad de biogás recuperado y transportado, quemado o utilizado provechosamente;
- . La cantidad anual de combustibles fósiles o electricidad que se utiliza para operar las instalaciones o equipos auxiliares;
- . Fracción del estiércol que ingresa en el sistema de manejo del estiércol;
- . La aplicación adecuada del suelo (no resultando en emisiones de metano) del lodo final debe ser monitoreada.

Escenario Línea Base

El estiércol animal se deja descomponer anaeróbicamente y se emite metano a la atmósfera.

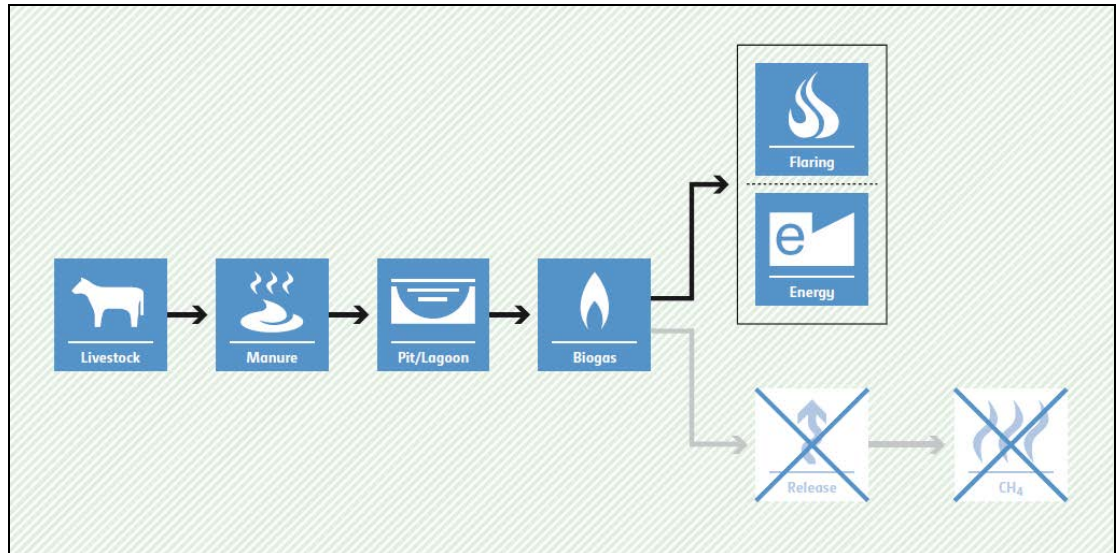
Grafico N° 1.7: Escenario Base – AMS-III.D.



Escenario del Proyecto

El metano es recuperado y se destruye o se usa ventajosamente debido a la sustitución o modificación de los sistemas anaeróbicos existentes de manejo de estiércol.

Grafico N° 1.8: Escenario del proyecto – AMS-III.D.



- ii) **AMS-III.E.:** Evitar la producción de metano a partir de la descomposición de la biomasa mediante la combustión controlada, gasificación o tratamiento mecánico/térmico.

Proyecto típico (s)

Descomposición de los residuos que habrían sido dejados a descomponer o ya están depositados en un sitio de disposición de basura, esto se evita a través de la combustión controlada, o de gasificación para producir gas natural sintético/gas; o por el tratamiento mecánico/térmico para producir combustible derivado de desechos (RDF) o biomasa estabilizada (SB).

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

- Evitar las emisiones de GEI;

Evitar las emisiones de metano debido a la prevención de la descomposición anaeróbica de la biomasa de los residuos. Uso de la biomasa de los residuos como fuente de energía.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . La producción RDF/SB se utiliza para la combustión ya sea en el sitio o fuera de él;
- . En caso de producción RDF/SB, sin emisiones de gases de efecto invernadero cuando se trate de CO₂biogénico, debido a las reacciones químicas durante el proceso de tratamiento térmico, por ejemplo, limitando la temperatura de tratamiento térmico para prevenir la ocurrencia de pirólisis y/o el análisis de gas de la chimenea;
- . En el caso de la gasificación, todo el gas natural sintético producido se quema y no se libera a la atmósfera sin quemar;
- . Durante el tratamiento mecánico/térmico para producir RDF/SB no se utilizarán químicos u otros aditivos.

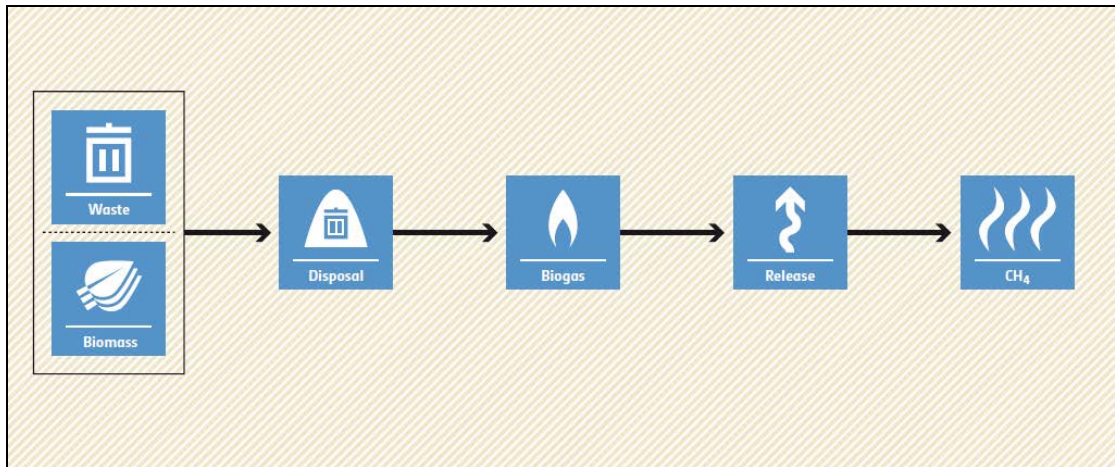
Parámetros importantes de Monitoreo:

- . Cantidad de residuos quemado, gasificada o tratada mecánica/térmicamente por el proyecto, así como su composición a través de un muestreo representativo;
- . La cantidad de combustible auxiliar utilizada y el contenido de carbono (no biomasa) de los residuos o combustión de RDF/SB
- . El consumo de electricidad y/o generación.

Escenario Línea Base

Residuos orgánicos que se dejan descomponer y se emite metano a la atmósfera.

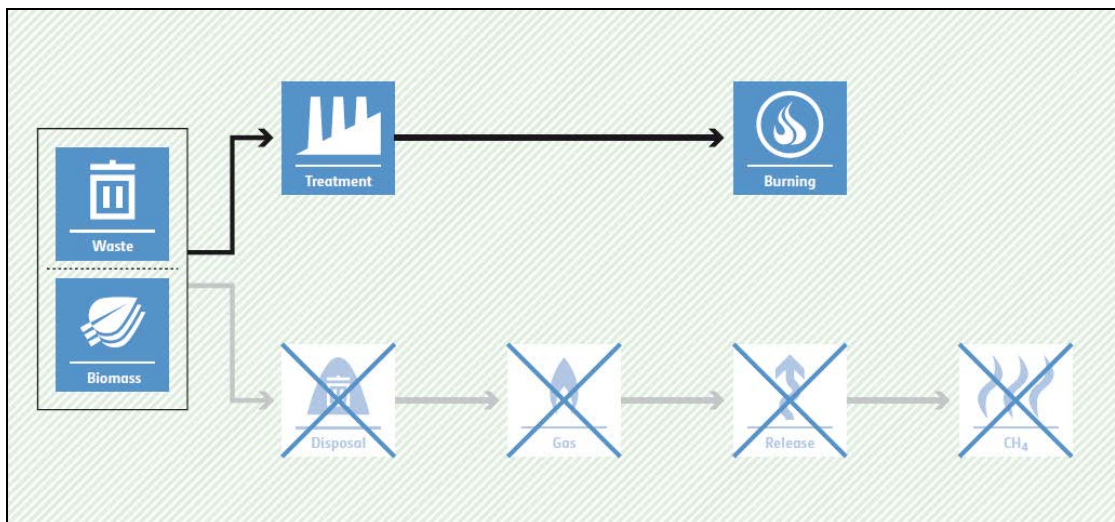
Grafico N° 1.9: Escenario Base – AMS-III.E.



Escenario del Proyecto

Las emisiones de metano se evitarán mediante la combustión controlada, gasificación o tratamiento mecánico/térmico de los residuos. En el caso de aprovechamiento energético de los residuos orgánicos, se desplazan los GEI con mayor potencial de calentamiento, producto de la generación de energía contaminante.

Grafico N° 1.10: Escenario del proyecto – AMS-III.E.



- iii) **AMS-III.F.:** Evitar emisiones de metano mediante compostaje.

Proyecto típico (s)

Tratamiento biológico controlado de biomasa u otra materia orgánica que se introduce a través del tratamiento aeróbico por compostaje y aplicación apropiada de tierra en el compost.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

- . Evitar emisiones de GEI.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . La recuperación y combustión del biogás no es elegible;
- . El vertedero identificado(s) debe ser capaz de acomodar los residuos que se utilizarán para el proyecto durante la duración del período de acreditación; o es una práctica común en la región el disponer los residuos en vertederos de desechos sólidos (rellenos sanitarios).

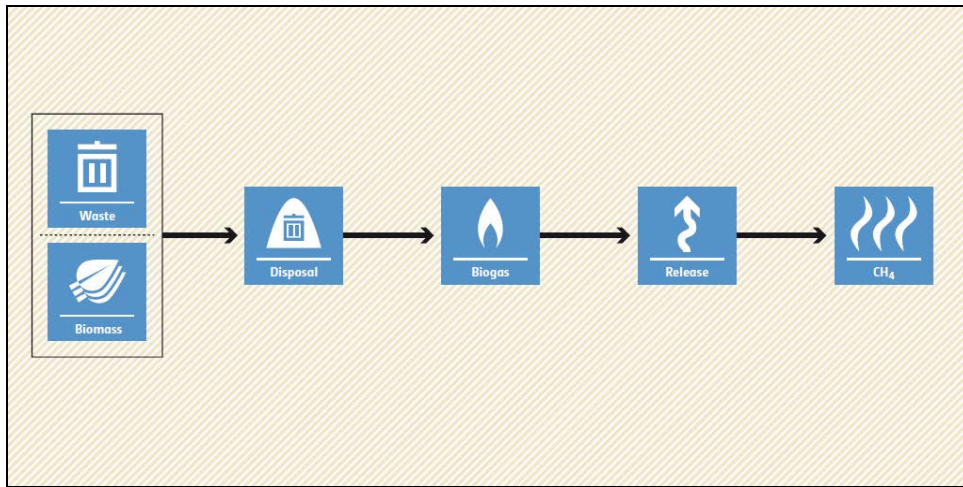
Parámetros importantes de Monitoreo:

- . Cantidad de residuos tratados biológicamente y su composición a través de un muestreo representativo;
- . Cuando el proyecto incluye co-tratamiento de aguas residuales, se medirá el volumen de co-tratamiento de aguas residuales y su contenido de DQO mediante un muestreo representativo;
- . Cantidad anual de combustibles fósiles o electricidad que se utiliza para operar las instalaciones o equipamiento auxiliar.

Escenario Línea Base

Biomasa y otra materia orgánica (incluyendo en su caso el estiércol) se deja descomponer y el metano es emitido a la atmósfera.

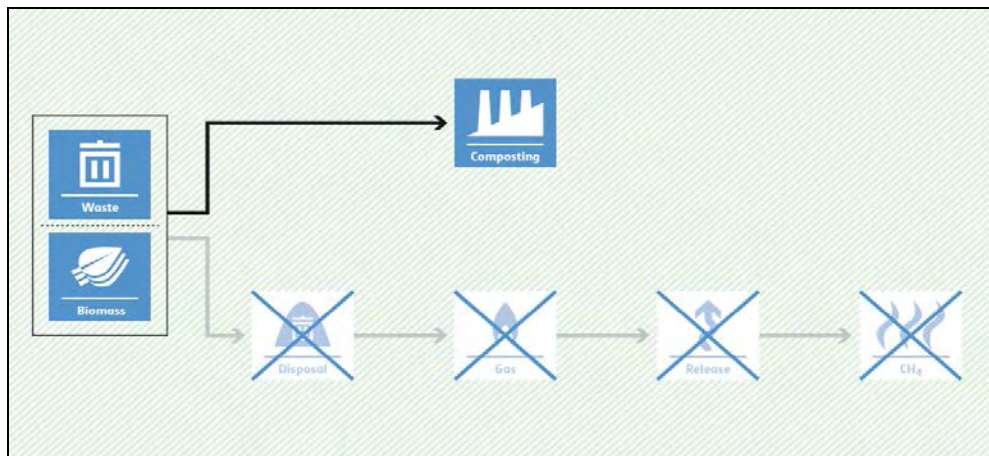
Grafico N° 1.11: Escenario Base – AMS-III.F.



Escenario del Proyecto

Las emisiones de metano se evitan a través del compostaje.

Grafico N° 1.12: Escenario del proyecto – AMS-III.F.



- iv) **AMS-III.H.:** Recuperación de metano en tratamiento de aguas residuales.

Proyecto típico (s)

Recuperación de biogás resultante de la descomposición anaeróbica de materia orgánica en las aguas residuales a través de la introducción del sistema de tratamiento anaeróbico de aguas residuales y/o el tratamiento de lodos.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

- . Destrucción de GEI.

Destrucción de las emisiones de metano y el desplazamiento de GEI de mayor potencial de calentamiento de los servicios.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- . Las lagunas anaeróbicas deben tener una altura mayor a 2 metros, sin aireación, temperatura ambiente superior a 15°C, al menos durante una parte del año, sobre una base promedio mensual. El intervalo mínimo entre dos eventos consecutivos de remoción de lodos será de 30 días;
- . En la determinación de las emisiones de Línea Base, estará a disposición los registros históricos de por lo menos un año antes de la ejecución del proyecto. De lo contrario, se requiere un registro de medición representativa.

Importantes parámetros

En la validación:

Eficiencia de remoción de la DQO en comparación al sistema de Línea Base.

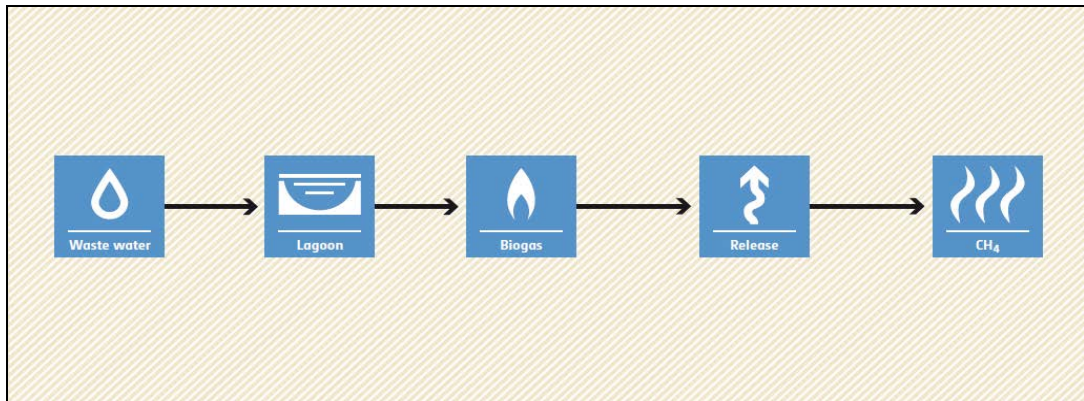
Monitoreo:

- . Caudal de las aguas residuales;
- . Demanda química de oxígeno de las aguas residuales antes y después del sistema de tratamiento;
- . Cantidad de lodo en materia seca en cada sistema de tratamiento de lodos;
- . La cantidad de biogás recuperado, alimentado, quemado o utilizado (por ejemplo, se inyecta en una red de distribución gas natural o es distribuido a través de una red dedicada).

Escenario Línea Base

Se emite a la atmósfera el metano por la descomposición de la materia orgánica de las aguas residuales o de los lodos.

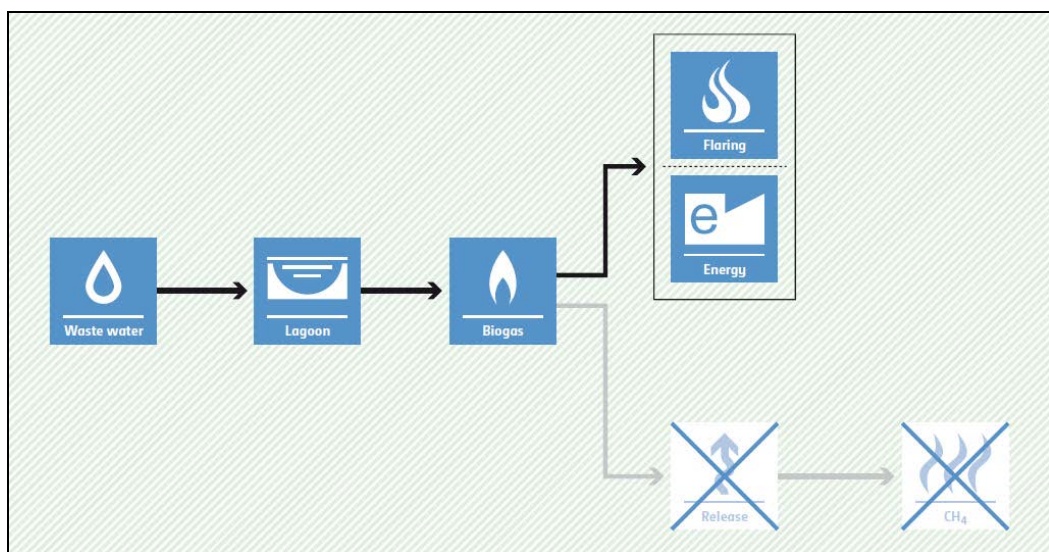
Grafico N° 1.13: Escenario Base – AMS-III.H.



Escenario del Proyecto

El metano está recuperado y destruido debido a la introducción de un nuevo o modificado sistema de tratamiento existente de aguas residuales o sistema de tratamiento de lodos. En caso de uso energético de biogás, se desplazan los GEI con mayor potencial de calentamiento, producto de la generación de energía contaminante requerida en la planta.

Grafico N° 1.14: Escenario del proyecto – AMS-III.H.



- v) **AMS-III.I.**: Evitar la producción de metano en el tratamiento de aguas residuales a través del reemplazo de los sistemas anaeróbicos por sistemas aeróbicos.

Proyecto típico (s)

Evitar la producción de metano a partir de la materia orgánica en aguas residuales, siendo tratados en sistemas anaeróbicos. A consecuencia del proyecto, los sistemas anaeróbicos (sin recuperación de metano), son sustituidos por sistemas biológicos aerobios.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

- . Evitar las emisiones de GEI.

Evitar las emisiones de metano debido a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en las aguas residuales.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

Con el fin de determinar las emisiones de Línea Base, por lo menos un año de datos históricos es necesario. De lo contrario, un registro de medición de 10 días debe llevarse a cabo.

Importantes parámetros

En la validación:

Eficiencia de remoción de la DQO en comparación al sistema de Línea Base.

Monitoreo:

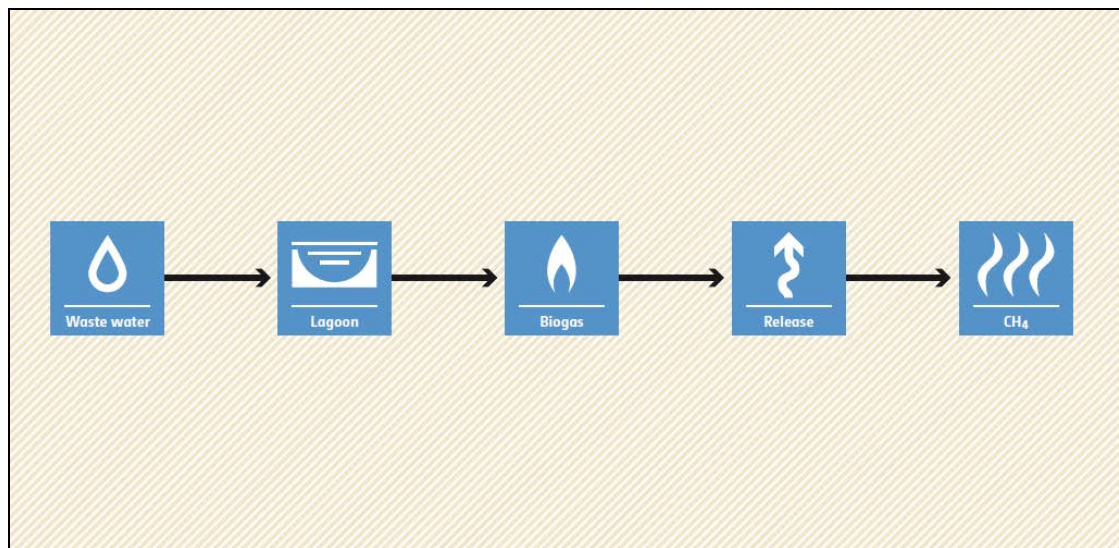
- . Cantidad de DQO tratados en la planta (s) de tratamiento de aguas residuales, cantidad de aguas residuales que ingresan y/o salen del proyecto;

- . La cantidad de lodo producido y la proporción de generación de lodos;
- . Cantidad de combustible fósil y la electricidad utilizada por las instalaciones del proyecto;
- . El uso del lodo final será objeto de seguimiento durante el período de acreditación.

Escenario Línea Base

La materia orgánica en las aguas residuales está siendo tratada en sistemas anaeróbicos y se produce metano que se libera a la atmósfera.

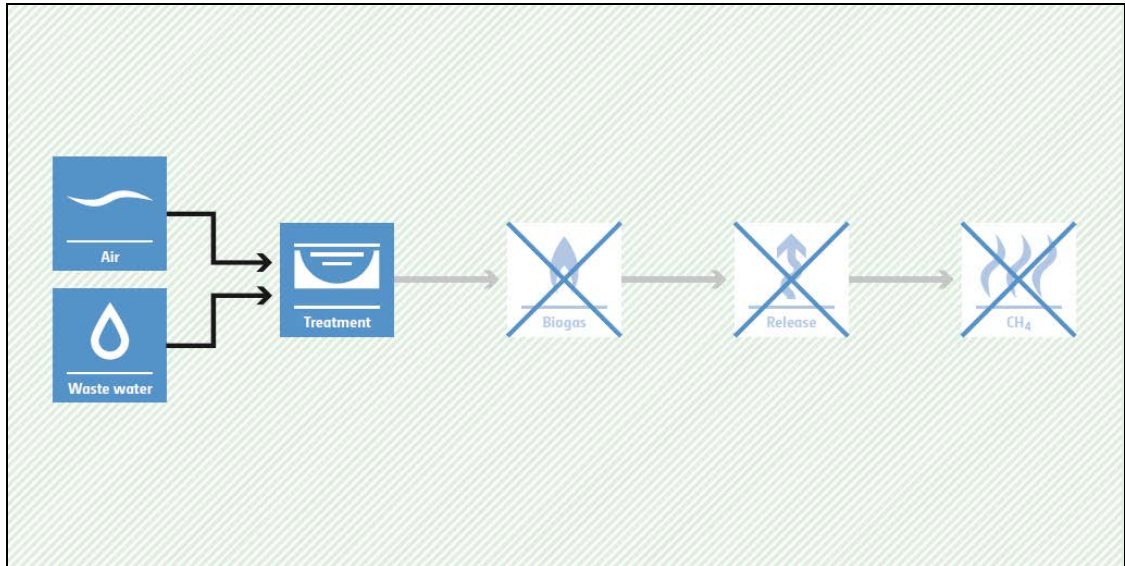
Gráfico N° 1.15: Escenario Base – AMS-III.I.



Escenario del Proyecto

Sistemas de tratamiento anaerobio de aguas residuales, sin recuperación de metano, se sustituyen por los sistemas de tratamiento aeróbico.

Grafico N° 1.16: Escenario del proyecto – AMS-III.I.



- vi) **AMS-III.AO.:** Recuperación de metano a través de la digestión anaeróbica controlada.

Proyecto típico (s)

La actividad del proyecto es el tratamiento biológico controlado de la biomasa u otras materias orgánicas a través de la digestión anaeróbica en reactores cerrados equipados con recuperación de biogás y un sistema de combustión/quemado.

Tipo de acción de mitigación de las emisiones de GEI

Evitar la formación de gases de efecto invernadero.

Importantes condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable

- Si por una o más fuentes de sustratos, no se puede demostrar que la materia orgánica se deja descomponer anaeróbicamente, las

emisiones de Línea Base relacionados con la materia orgánica tal, se contabilizará como cero;

- . Las actividades del proyecto tratan estiércol animal, como sustrato de una sola fuente se aplicará AMS-III.D, de la misma manera se aplicará AMS-III.H, cuando se proyecta sólo el tratamiento de aguas residuales y/o lodos generados en el tratamiento de aguas residuales;
- . La actividad del proyecto no recupera o quema biogás del relleno sanitario (a diferencia de AMS-III.G), y no se lleva a cabo la combustión controlada de los residuos que no se trata biológicamente en una primera etapa (a diferencia de AMS-III.E).

Importantes parámetros

En la validación:

La ubicación y las características del lugar para la eliminación de la biomasa usando digestión, en condiciones de Línea Base.

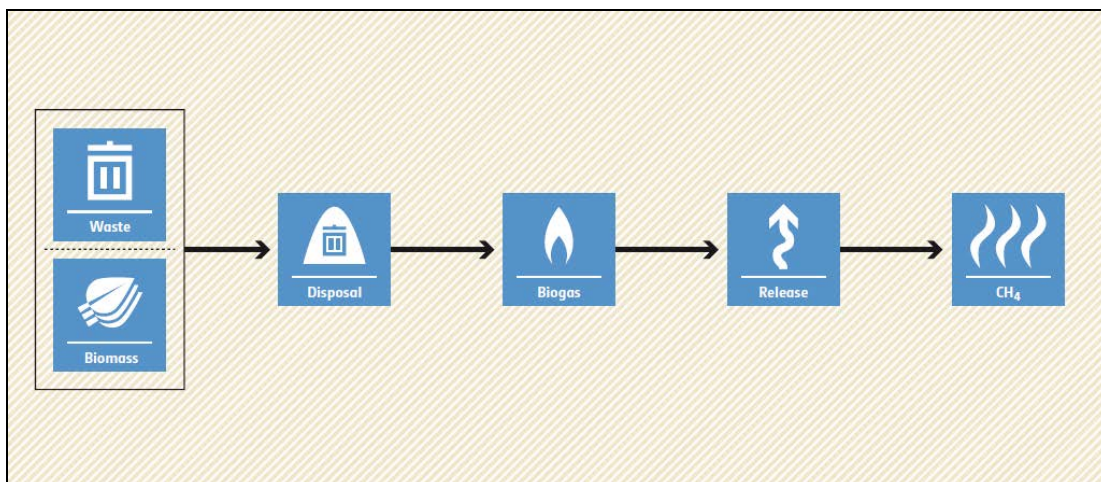
Monitoreo:

- . Cantidad de residuos sólidos (excluido el estiércol);
- . Los parámetros para el cálculo de las emisiones de metano procedentes de fugas físicas de metano;
- . Los parámetros relacionados con las emisiones de la electricidad y/o el consumo de combustible.

Escenario Línea Base

La biomasa o materia orgánica habría quedado a la descomposición anaeróbica.

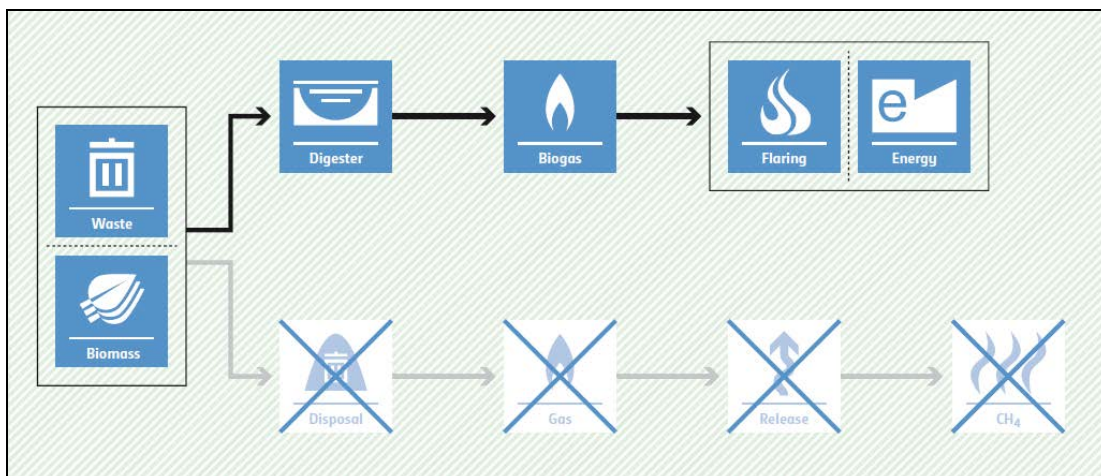
Grafico N° 1.17: Escenario Base – AMS-III.AO.



Escenario del Proyecto

Tratamiento biológico de la biomasa u otras materias orgánicas mediante digestión anaerobia en reactores cerrados equipados con recuperación de biogás y sistema de combustión/quemado.

Grafico N° 1.18: Escenario del proyecto – AMS-III.AO.



b. Conferencia de las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de DOHA

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP18), que se celebró en Doha, Qatar, 2012, se reunieron 194 países y, al 08.12.2012, se logró aprobar la prórroga del periodo de compromiso del PK hasta el 2020.

La problemática de este nuevo compromiso (segundo periodo del PK) se centraliza en que los países que se han comprometido a reducir sus emisiones de GEI han generado poco más del 15% del total de las emisiones contaminantes mundiales, trayendo como consecuencia que en el cumplimiento de los objetivos del mencionado compromiso este no permita reducir significativamente las emisiones de GEI.

Son 38 países que han suscrito este segundo periodo del PK, encabezando la Unión Europea por Australia y Noruega.

Cabe mencionar que Japón, Rusia, Canadá y Nueva Zelanda han desistido en comprometerse en reducir sus emisiones de GEI en este segundo periodo del PK. (Alineándose con EE.UU que nunca ha formado parte del PK, a pesar de ser el primer emisor mundial de GEI).

El segundo periodo del PK ha sido establecido en el documento, “Resultado de la labor del Grupo de Trabajo Especial sobre los nuevos compromisos de las Partes del anexo I con arreglo al Protocolo de Kyoto” (8 de diciembre de 2012 – FCCC/KP/CMP/2012/L.9)

2.2. Normativa Nacional

a. Constitución Política del Perú – 30.12.1993

El Congreso Constituyente Democrático aprobó cuatro artículos referidos al Ambiente, y los recursos Naturales.

En relación al Medio Ambiente (calentamiento Global) hacemos referencia solo al Art. 2º, inciso 22, donde distingue el derecho humano de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, el cual lo consagra como un derecho fundamental.

Por consiguiente, el desarrollo de la tesis queda enmarcado en la preservación del medio Ambiente tal como lo señala esta carta fundamental.

b. Estrategia Nacional de Cambio Climático (D.S. N° 086-2003-PCM) – 24.10.2003

Conocida con la siglas de ENCC (actualizada en el 2011), tiene en concreto dos objetivos principales: (i) reducir los impactos adversos del cambio climático a través de estudios integrados de vulnerabilidad y adaptación que identificarán zonas y/o sectores vulnerables en el país, y (ii) contralar las emisiones de contaminantes locales y de gases de efecto invernadero (GEI), a través de programas de energías renovables y de eficiencia energética en los diversos sectores productivos.

La ENCC ha definido once líneas estratégicas de acción, dentro de las cuales hemos identificado una estrategia, el cual enmarca el desarrollo de la tesis, siendo:

- . Cuarta línea estratégica, cuyo objetivo es facilitar el financiamiento de proyectos orientados a mitigar emisiones de GEI, esto también aplica a proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

- c. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245) – 04.06.2004

En el Título II: Gestión Ambiental, Art. 6, se establece que el CONAM (hoy Ministerio del Ambiente - "MINAM") sea la institución encargada del diseño y dirección participativa de estrategias nacionales para la implementación progresiva de las obligaciones derivadas de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

Y en el Título III: Autoridad Ambiental Nacional, Art. 9, se establece como función del CONAN (hoy MINAM), coordinar la elaboración periódica de los informes nacionales sobre la Estrategia Nacional de Cambio Climático y presidir la comunicación nacional de cambio climático.

- d. Ley General del Ambiente (Ley N°28611) - 15.10.2005

En su Título Preliminar Derecho y Principios, Art. I, señala el derecho inalienable de toda persona a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y, el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus

componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

En el Título I: Política Nacional del Ambiente y Gestión Ambiental, Capítulo 1, Art. 4, se promueve conductas ambientalmente responsables, así como el desarrollo y uso de tecnologías apropiadas y de prácticas de producción limpia en general.

Y en Título III: Integración de la Legislación Ambiental, Capítulo 1, Art. 95, el MINAM promueve, a través de una Comisión Nacional, los bonos de descontaminación, u otros mecanismos alternativos a fin de que los proyectos puedan acceder a los fondos creados al amparo del Protocolo de Kyoto.

- e. Reglamento Nacional de Edificaciones (D.S. N° 011-2006-VIVIENDA) – 08.06.2006

Establece los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de las Habilitaciones Urbanas y las Edificaciones, permitiendo de esta manera una mejor ejecución de los Planes Urbanos.

Hacemos referencia al Título II, Norma OS.090 “Plantas de Tratamiento de aguas residuales”, el cual norma el diseño de tratamiento con lodos activados el mismo que ha sido utilizado para el desarrollo de la ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra.

- f. Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio del Ambiente (TUPA-MINAM)

En el N° de Orden 02 del TUPA-MINAM, se establece el procedimiento para la Aprobación de proyecto de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Captura de Carbono, donde menciona los requisitos para presentar proyectos MDL Programáticos (PoA), dentro de un paquete de documentos que se adjunta se resalta la presentación del Documento de

Diseño de Proyecto del Programa (PoA-DD) y Diseño de proyecto de la Primera Actividad (CPA-DD) en español, versión impresa y digital.

El MINAM también es la Autoridad Nacional Designada (ADN) para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), establecido mediante Decreto Supremo No 095-2002-PCM y, asumiendo la función de dar aprobación a los proyectos de MDL a nivel Nacional.

CAPÍTULO III

OBJETIVOS Y APORTES DEL ESTUDIO

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. General

- . Analizar la aplicación en el mercado de carbono del proyecto: Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra - Lima.

3.1.2. Específico

- . Determinación de la metodología a emplear según el tipo de proyecto.
- . Determinar la Línea Base del proyecto.
- . Determinar a priori la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- . Analizar financieramente el proyecto Ampliación de la PTAR Puente Piedra con aplicación en el mercado de carbono.

3.2. VARIABLES

3.2.1. Variables independientes

- . Lodos activados convencional
- . Demanda Química de Oxígeno del afluente (mg/l)
- . Demanda Química de Oxígeno del efluente (mg/l)
- . Caudal del Afluente (l/s)
- . Energía consumida por el proyecto (MWh/año)

3.2.2. Variables dependientes

- . Emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto en Toneladas de CO₂ equivalente por año (tCO₂e/año)
- . Emisiones de gases de efecto invernadero del escenario Línea Base en Toneladas de CO₂ equivalente por año (tCO₂e/año)
- . Costos por preparación del documento de diseño del proyecto MDL, por validación del proyecto MDL, por registro del proyecto

MDL, por honorarios, por inversión (ejecución de obra) y, por operación y mantenimiento.

3.2.3. Variables interviniente

- . Temperatura

3.3. Aportes de la tesis

Mediante la evaluación de un proyecto de Construcción de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), donde se considera variables de economía ambiental (aplicación en el Mercado de Carbono); se logra obtener un diseño sostenible técnicamente; es decir, que la PTAR a lo largo de su periodo de diseño alcanza su estabilidad e independización económica, de esta manera las actividades de operación y mantenimiento son cubiertas en parte con ingresos provenientes por la venta de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER's).

Ahora para proyectar los costos asociados (refiriéndose a costos por la elaboración del documento de diseño del proyecto MDL, costos por validación del proyecto MDL, costo por registro del proyecto MDL, honorarios, costos de inversión y costos por operación y mantenimientos) implica estimar a priori los niveles de gases de efecto invernadero en el Proyecto: "Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra" y, posteriormente evaluar financieramente su aplicación en el mercado de carbono.

Por lo expuesto se concluye los siguientes aportes:

- ✓ Con el desarrollo de la presente tesis, se estaría apoyando los esfuerzos globales para contra restar los efectos adversos producidos por el cambio climático (calentamiento de la tierra).
- ✓ Concientizar a los alumnos, profesionales y docentes en la elaboración de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio.

CAPÍTULO IV

INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

Comenzaremos describiendo **el sistema de alcantarillado**, donde se detalla la contribución de desagüe a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra y un resumen de los colectores proyectados, según **se describe en el Estudio** a Nivel de Perfil de proyecto **denominado: Ampliación y mejoramiento del colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra (denominado en adelante EL ESTUDIO PUENTE PIEDRA)**, de propiedad intelectual de SEDAPAL.

Posteriormente se describirá el Sistema de Lagunas Facultativas (*ESCENARIO LÍNEA BASE*), de elaboración propia y, el Sistema de Lodos Activados, descrito en EL ESTUDIO PUENTE PIEDRA (*ESCENARIO DEL PROYECTO*), aquello permitirá estimar a priori los niveles de gases de efecto invernadero en el Proyecto "Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra" y analizar su aplicación en el Mercado de Carbono,

4.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado del distrito de Puente Piedra, margen derecha del Río Chillón lo constituye el Colector Puente Piedra instalado en 1998 y que va a lo largo de la Autopista Panamericana Norte.

Existe un Colector que varía entre 8" a 14" de diámetro, cuyos desagües descarga a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Jerusalén.

En el distrito de Puente Piedra existen aproximadamente 62 km de colectores secundarios.

De la evaluación efectuada al Colector Puente Piedra, se han identificado y localizado diversos problemas, siendo los principales:

- ✓ Represamiento.
- ✓ Aniegos.
- ✓ Grandes descargas y calidad de las aguas residuales.

- ✓ Pendientes mínimas.
- ✓ Incremento de caudal en tramos específicos del colector.
- ✓ Capacidad hidráulica del colector.

Como resultado de la evaluación, se determinó que el Sistema de Alcantarillado estaría compuesto por 06 Áreas de Drenaje, conformadas de acuerdo a la configuración topográfica de la zona de estudio, y que finalmente drenan hacia la PTAR Puente Piedra a través del colector existente y de los colectores proyectados. Se han denominado a las áreas de drenaje de la siguiente manera: AD-01, AD-02, AD-03, AD-04, AD-05 y AD-06.

- ✓ El área de drenaje AD-1 recolectará y evacuará las aguas residuales de todo el sector Puente Piedra.
- ✓ El área de drenaje AD-2 recolectará y evacuará las aguas residuales de las habilitaciones ubicadas en la Margen Izquierda del río Chillón.
- ✓ El área de drenaje AD-3 recolectará y evacuará las aguas residuales del Esquema Lomas de Carabaylo.
- ✓ El área de drenaje AD-4 recolectará y evacuará las aguas residuales del Esquema San Pedro de Carabaylo.
- ✓ El área de drenaje AD-5 recolectará y evacuará las aguas residuales de las habilitaciones Sin Esquema.
- ✓ El área de drenaje AD-6 recolectará momentáneamente los caudales de exceso que se generan por la sobrecarga que presenta el Colector Primario Chillón.

En todos los casos, los caudales contribuyentes corresponden al 80% del consumo máximo horario de agua potable determinado para cada sector diferenciado por nivel socio económico, o para cada zona de consolidación, según corresponda. La metodología de cálculo utilizada, ha consistido en transformar los valores de la demanda de alcantarillado a un valor unitario de l/s/Ha, para aplicarlo luego a la porción de la sub-área de drenaje a la que pertenece.

4.1.1. Caudales de Contribución

Los caudales de contribución al desagüe se han definido según lo señalado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS.70 Redes de Aguas

Residuales), en que se considera que el 80% del caudal de agua consumida ingresará al sistema de alcantarillado.

El caudal de diseño se realizará con el caudal máximo horario futuro (Q_{mh} año 18) periodo óptimo de diseño.

**Cuadro N° 4.1: Caudales de diseño para la PTAR Puente Piedra
(Existente y Ampliación)**

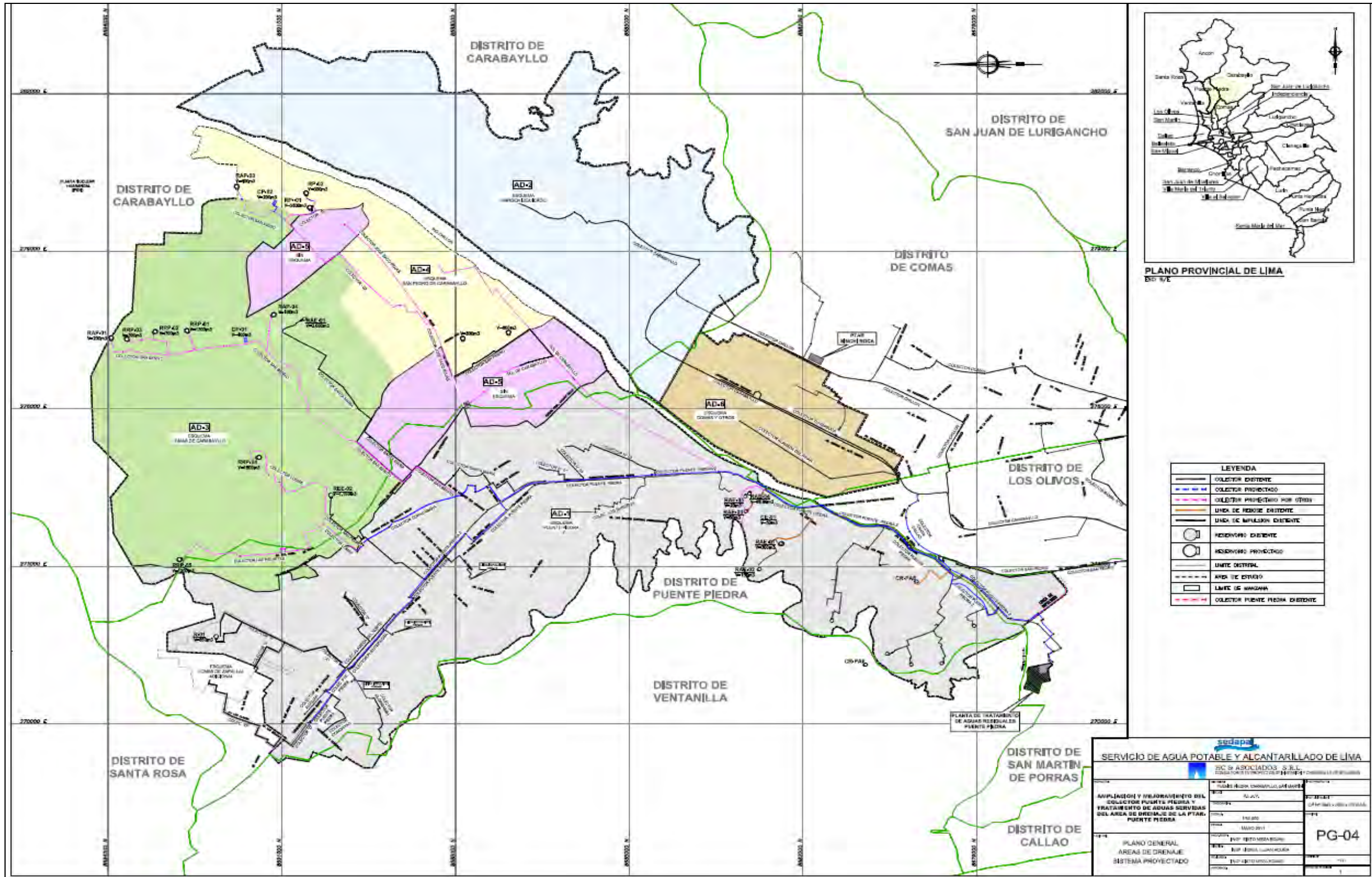
AÑO (1)	POBLACION TOTAL	COBERTURA (%)	POBLACION SERVIDA C/CONEXION (hab)	VOLUMEN DESAGUE		QP (lps)	Qmd (lps) K1=1.30	Qmh (lps) K2=2.5	
				lts/día	VOLUMEN TOTAL (m3/año)				
	(2)	(3)	(4)	(11)					
2009	BASE	585,533	71.03%	415,881	54,127,502	19,756,538	626.48	814.42	1,566.19
2010	0	711,317	74.3%	528,365	66,301,660	24,200,106	767.38	997.59	1,918.45
2011	1	700,909	93.7%	656,798	88,098,777	32,156,054	1,019.66	1,325.56	2,549.15
2012	2	739,105	95.5%	705,930	68,286,659	24,924,631	790.35	1,027.46	1,975.89
2013	3	778,594	97.4%	758,129	72,847,939	26,589,498	843.15	1,096.09	2,107.87
2014	4	834,454	99.5%	830,616	79,796,186	29,125,608	923.57	1,200.64	2,308.92
2015	5	877,096	99.8%	875,234	83,526,851	30,487,301	966.75	1,256.77	2,416.86
2016	6	922,154	99.8%	920,497	87,802,346	32,047,856	1,016.23	1,321.10	2,540.58
2017	7	969,766	99.8%	968,032	92,286,972	33,684,745	1,068.14	1,388.58	2,670.34
2018	8	1,020,083	99.8%	1,018,276	97,027,132	35,414,903	1,123.00	1,459.90	2,807.50
2019	9	1,094,536	99.8%	1,091,823	104,483,846	38,136,604	1,209.30	1,572.09	3,023.26
2020	10	1,150,629	99.8%	1,147,945	109,772,542	40,066,978	1,270.52	1,651.67	3,176.29
2021	11	1,209,853	99.8%	1,206,973	115,336,343	42,097,765	1,334.91	1,735.38	3,337.28
2022	12	1,272,338	99.8%	1,269,367	121,213,557	44,242,948	1,402.93	1,823.82	3,507.34
2023	13	1,338,392	99.8%	1,335,326	127,427,190	46,510,924	1,474.85	1,917.31	3,687.13
2024	14	1,417,829	99.8%	1,414,293	135,101,058	49,311,886	1,563.67	2,032.77	3,909.17
2025	15	1,490,301	99.8%	1,487,129	141,935,515	51,806,463	1,642.77	2,135.60	4,106.93
2026	16	1,576,916	99.8%	1,573,314	150,279,552	54,852,036	1,739.35	2,261.15	4,348.37
2027	17	1,659,442	99.8%	1,655,728	158,038,437	57,684,030	1,829.15	2,377.89	4,572.87
2028	18	1,746,703	99.8%	1,742,868	166,238,416	60,677,022	1,924.06	2,501.27	4,810.14
2029	19	1,839,184	99.8%	1,835,213	174,931,585	63,850,029	2,024.67	2,632.07	5,061.68
2030	20	1,940,154	99.8%	1,936,412	184,410,191	67,309,720	2,134.38	2,774.69	5,335.94

4.1.2. Colectores proyectados

El Colector Puente Piedra existente tiene capacidad limitada para evacuar las aguas residuales actuales y futuras, por lo que en la alternativa única planteada se considera la construcción de un nuevo colector general denominado Colector Puente Piedra 2 y dos colectores principales denominados Colector Copacabana y Colector Canta Callao que recogerán los desagües producidos en sus áreas de drenaje.

En el mapa siguiente se puede apreciar las seis áreas de drenaje que contribuyen a la PTAR Puente Piedra, y los tres colectores proyectados.

Plano N° 4.1
Esquema General de Áreas de Drenaje



Los desagües que conducen los Colectores Copacabana y Canta Callao, descargan al Colector Puente Piedra 2 para finalmente contribuir de desagüe a la nueva PTAR Puente Piedra, permiten dar solución a la realización de nuevas obras de ampliación de redes y conexiones domiciliarias, logrando ampliar la cobertura del servicio de alcantarillado.

Cuadro N° 4.2: Metrado de Colectores

COLECTOR PRINCIPAL	LONGITUD POR DIÁMETRO (m)						TOTAL
	DN 450	DN 600	DN 750	DN 900	DN 1200	DN 1800	
Colector Puente Piedra 2	997.91	1,610.24	---	1,514.47	11,814.89	2,013.46	17,950.97
Colector Canta Callao	---	---	---	3017.54	---	---	3,017.54
Colector Copacabana	---	2,168.89	1155.14	---	---	---	3,324.03
Total (ml)	997.91	3,779.13	1,155.14	4,532.01	11,814.89	2,013.46	24,292.54

Colector Puente Piedra 2

El colector Puente Piedra 2, inicia su recorrido en el cruce de la Calle Agua Dulce con la Carretera a Ventanilla, hasta llegar al buzón proyectado CPP-10, en la intersección con la Calle Palma de Mallorca, por donde sigue su recorrido hasta llegar al buzón proyectado CPP-12, en la intersección con la Carretera Panamericana Norte, por donde continua su recorrido, al llegar al buzón proyectado CPP-21, el colector se dirige a la Av. Buenos Aires, hasta llegar al buzón proyectado CPP-43 en la Calle Arica, continuando por esta calle, hasta llegar al buzón proyectado CPP-46, en donde el colector se dirige a la Carretera Panamericana Norte y continúa por esta vía hasta llegar al buzón proyectado CPP-59 en la intersección con la Calle F. Sarmiento, para luego seguir por la Av. Miguel Grau y continuar hasta la intersección con la Calle 10, donde se dirige hasta interceptar al colector proyectado Copacabana en el buzón proyectado CPP-73, para nuevamente ingresar a la Carretera Panamericana Norte. Al llegar al buzón proyectado CPP-146, ingresa a la Av. Malecón Chillón, hasta interceptar al Colector proyectado Canta Callao en la Av. Virgen del Carmen, en

el buzón proyectado CPP-196, para luego continuar su recorrido por la Av. San Diego de Alcalá hasta llegar a la PTAR Puente Piedra.

Este colector tendrá una trayectoria en paralelo al Colector Puente Piedra existente y estará conformado por 997.91 m de tubería PVC DN 450 mm y 16,953.07 m de tubería HDPE en diámetros que varían entre DN 600 mm a DN 1800 mm, también se construirán 227 buzones de inspección de 1.20 m y 1.50 m de diámetro, con profundidades que varían desde 1.75 m a 13.00 m y 6 buzones normales (terreno normal) con profundidades que varían entre 2,51 a 5,00 m.

En su recorrido recibe el aporte de 06 áreas de drenaje.

El Colector Puente Piedra 2, llega a transportar a la PTAR Puente Piedra hasta 4377.87 L/s.

Los siguientes cuadros muestran el resumen de metrados de buzones y colector proyectados.

Cuadro N° 4.3: Metrado de Buzones - Colector Puente Piedra 2

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
450	I	Hasta 2.00	1
		2.00 - 2.50	5
		2.51 - 3.00	2
		3.01 - 3.50	4
		3.51 - 4.00	3
		4.01 - 4.50	1
		total	16
600	I	Hasta 2.00	-
		2.00 - 2.50	8
		2.51 - 3.00	2
		3.01 - 3.50	1
		3.51 - 4.00	4
		4.01 - 4.50	6

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
		4.51 - 5.00	1
		total	22
900	II	Hasta 2.00	-
		2.00 - 2.50	-
		2.51 - 3.00	5
		3.01 - 3.50	-
		3.51 - 4.00	4
		4.01 - 4.50	2
		4.51 - 5.00	1
	total	12	
	IV	2.51 - 3.00	1
		3.51 - 4.00	2
		total	03
	1200	II	Hasta 2.00
2.00 - 2.50			24
2.51 - 3.00			36
3.01 - 3.50			23
3.51 - 4.00			15
4.01 - 4.50			9
4.51 - 5.00			8
5.01 - 6.00			7
6.01 - 7.00			6
7.01 - 8.00			1
total		129	
IV		2.51 - 3.00	3
		3.01 - 3.50	-
		3.51 - 4.00	3
		4.01 - 4.50	3
		total	09

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
	V	3.01 - 3.50	2
		3.51 - 4.00	2
		4.01 - 4.50	-
		4.51 - 5.00	1
		total	05
1800	III	Hasta 3.00	-
		3.01 - 3.50	-
		3.51 - 4.00	2
		4.01 - 4.50	5
		4.51 - 5.00	3
		5.01 - 6.00	4
		6.01 - 7.00	1
		7.01 - 8.00	3
		8.01 - 9.00	2
		9.01 - 10.00	2
		10.01 - 11.00	1
		11.01 - 12.00	-
		12.01 - 13.00	-
	total	23	
	IV	5.01 - 6.00	1
		6.01 - 7.00	1
		10.01 - 11.00	1
		11.01 - 12.00	1
		total	04
	V	4.01 - 4.50	1
		4.51 - 5.00	-
		5.01 - 6.00	-
		6.01 - 7.00	1

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
		7.01 - 8.00	1
		12.01 - 13.00	1
		total	04

Cuadro N° 4.4: Metrado de Buzones Normales - Colector Puente Piedra

Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
I	Hasta 3.00	1
	3.01 - 3.50	2
	3.51 - 4.00	0
	4.01 - 4.50	3
	total	06

Cuadro N° 4.5: Resumen de Metrados de Tuberías del colector Puente Piedra 2

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material	Tipo de Suelo
450 mm	997.91	PVC	TN
600 mm	1610.24	Corrugated HDPE	TN
900 mm	1514.47	Corrugated HDPE	TN
1200 mm	6666.60	Corrugated HDPE	TN
1200 mm	5148.30	Corrugated HDPE	TN-Sat
1800 mm	1524.67	Corrugated HDPE	TN
1800 mm	488.80	Corrugated HDPE	TN-Sat
Total de Metrado de Colectores 17,950.97 m.			

Colector Copacabana

Para evacuar los desagües de las nuevas ampliaciones ubicadas en el distrito de Carabaylo, se ha previsto construir el colector Copacabana, este colector hará la

vez de interceptor y coleccionará las aguas residuales del colector Lomas de Carabayllo y los colectores existentes San Pedro de Carabayllo y San Benito.

El colector inicia su recorrido en la Av. Copacabana, donde recibe el aporte del colector Lomas de Carabayllo en el buzón proyectado BP-1, hasta llegar a la Av. Juan Lecaros (BP-32), donde recibe el aporte del colector San Benito, sigue hacia la Calle 2 e ingresa a la Av. San Juan de Dios (BP-38), continúa por esta avenida hasta llegar a la Av. San Genaro, de donde se dirige hasta llegar al buzón proyectado BP-44, en la intersección con la Av. San Miguel, continuando su recorrido hasta llegar al buzón proyectado CPP-73, donde descarga al colector proyectado Puente Piedra 2. A lo largo de su recorrido recibe el aporte de las áreas de drenaje AD-1 y AD-3.

Este colector estará conformado por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de DN 600 mm y DN 750 mm de diámetro en una longitud total de 3,324.03 m. También se construirán 46 buzones de diámetro 1.20 m y 1.50m de los cuales 31 son de tipo I y 15 de tipo II con profundidades que varían desde 2.01 m a 5.00 m.

El Colector Copacabana, llega a transportar hasta 573.23 L/s.

Los siguientes cuadros muestran el resumen de metrados de buzones y colector proyectados.

Cuadro N° 4.6: Metrado de Buzones Colector Copacabana

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
600	I	2.00 - 2.50	3
		2.51 - 3.00	6
		3.01 - 3.50	9
		3.51 - 4.00	9
		4.01 - 4.50	4
		total	31
750	II	2.00 - 2.50	-

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
		2.51 - 3.00	4
		3.01 - 3.50	10
		3.51 - 4.00	1
		total	15

Cuadro N° 4.7: Resumen de Metrados de Tuberías del Colector Copacabana

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material	Tipo de Suelo
600 mm	2168.89	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	TN
750 mm	1155.14	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	TN
Total de Metrado de Colectores 3324.03 m.			

Colector Canta Callao

El colector Canta Callao inicia su recorrido en la Calle La Confraternidad, este recibe el aporte del Colector Carabayllo en la cámara de derivación CCC-01, cruza la Carretera Panamericana Norte continuando su recorrido por la Av. San Diego de Alcalá, hasta descargar al colector proyectado Puente Piedra 2, en el buzón proyectado CPP-196. Recibe el aporte del área de drenaje AD-6.

La construcción de este colector permitirá aliviar los desagües del Colector Carabayllo e indirectamente del Colector Chillón. Estará conformado por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de DN 900 mm de diámetro en una longitud total de 3,017.54 m.

También se construirán 59 buzones de diámetro 1.20 m y 1.50 m, de los cuales los 59 son de tipo II con profundidades que varían desde 1.76 m a 5.00 m y una cámara de derivación al inicio del colector.

El caudal a transportar por el Colector Canta-Callao, proveniente del Colector Tungasuca, es 1,587.67 L/s.

Los siguientes cuadros muestran el resumen de metrados de buzones y colector proyectados.

Cuadro N° 4.8: Metrado de Buzones Colector Canta Callao

Ø Tubería	Buzón Tipo	Profundidad (m)	Número de Buzones
900	II	Hasta 2.00	35
		2.00 - 2.50	3
		2.51 - 3.00	10
		3.01 - 3.50	7
		3.51 - 4.00	-
		4.01 - 4.50	3
		4.51 - 5.00	1
		total	59

Cuadro N° 4.9: Resumen de Metrados de Tuberías del Colector Canta Callao

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material	Tipo de suelo
900 mm - SP	2002.83	HDPE Corrugado	TN
900 mm - SP	1014.71	HDPE Corrugado	TN-Sat
Total de Metrado de Colectores 3,017.54 m.			

4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LAGUNA FACULTATIVAS

Este es el sistema que inicialmente se concebía para dar solución al tratamiento de las aguas residuales de aquellas áreas de drenaje que son contribuyentes a la Ampliación de la PTAR Puente Piedra. Pero se ha realizado el análisis de otras alternativas como la seleccionada en EL ESTUDIO PUENTE PIEDRA.

Es de elaboración propia el diseño del sistema de Lagunas Facultativas, y para su desarrollo se utilizó la Norma OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El diseño técnico de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante Lagunas Facultativas (escenario Línea Base⁹), establece la construcción de lagunas primarias, lagunas secundarias y lagunas, lagunas secundarias y lagunas terciarias (Tratamiento primario).

Estableciendo que para un caudal de tratamiento de 1.442 m³/s, se logra obtener un agua tratada con la siguiente calidad:

DBO efluente: 46.75 mg/l

DQO efluente: 93.50 mg/l

CF en el efluente: 6.09E + 01 NMP/100 ml

El sistema anaeróbico de lagunas abiertas sin recuperación de metano, considera tratar los lodos bajo un secado en condiciones controladas y aeróbicas, para que posteriormente sean dispuestos a un relleno sanitario controlado.

La memoria de cálculo del sistema de tratamiento mencionado se especifica en el Anexo III.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO - SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Es importante mencionar que la actividad del proyecto abarca solo una parte del proyecto denominado: “Ampliación y Mejoramiento del colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del área de drenaje de la PTAR Puente Piedra”, ***considerándose para el desarrollo del presente estudio solo la Ampliación de la PTAR Puente Piedra.***

⁹ Más adelante se sustenta el cómo se ha identificado el escenario Línea Base y su descripción en grandes rasgos.

El proyectado que se estima construir es de Lodos Activados y sistemas de estabilización (digestores, centrifugas, entre otros), para el tratamiento de las aguas residuales y los lodos primarios y secundarios generados por la operación en la PTAR Puente Piedra.

4.3.1. Descripción Técnica de la actividad de proyecto

4.3.1.1. Ubicación de la actividad de proyecto

La PTAR Puente Piedra está ubicada en la Región Lima, Departamento y Provincia Lima, distrito de San Martín de Porres, en la margen izquierda del río Chillón, lotes 28 y 29 de la Ex Hacienda Chuquitanta. Ver Gráfico N° 4.1.

Límites del Proyecto:

- Por el Norte : Río Chillón
- Por el Sur : Av. Pativilca
- Por el Este : Habilitaciones urbanas
- Por el Oeste : Parcelas de terceros

Gráfico N° 4.1: Ubicación de la actividad de proyecto



4.3.1.2. Categoría de la actividad de proyecto

La actividad del proyecto que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las emisiones fugitivas en países anfitriones corresponde al Ámbito Sectorial 13 del Mecanismo de Desarrollo Limpio: *Manejo y disposición de residuos*.

4.3.1.3. Tecnología a ser empleada por la actividad de proyecto

Es importante mencionar que La PTAR Puente Piedra fue diseñada para tratar aguas residuales domésticas provenientes del Área de Drenaje Puente Piedra, basada en el llamado “Proceso biológico de lodos activados” tipo SBR, con remoción parcial de nitrógeno, cuya misión es reducir el grado de contaminación de las aguas servidas, hasta niveles exigidos dentro de la normatividad Peruana, antes del vertimiento de los efluentes tratados, al río Chillón.

Debido al crecimiento de la cobertura del sistema de recolección de aguas residuales de los distritos de Puente Piedra y Carabayllo, existe un incremento de la contribución del caudal del afluente a la planta de tratamiento, con lo cual la PTAR Puente Piedra ha sobrepasado los límites de capacidad para lo cual fue diseñada, debiéndose realizar el mejoramiento del sistema existente de tratamiento y la ampliación del mismo, con lo cual permitirá reducir la carga orgánica y bacteriana que contiene las aguas residuales, a valores acordes a lo establecido en el estándar de calidad

Para el tratamiento de las aguas residuales se ha planteado una solución que permite implementar una tecnología que involucra conceptos convencionales y modernos para que las obras sean sostenibles tanto técnica como económicamente, con la mayor preservación del ambiente.

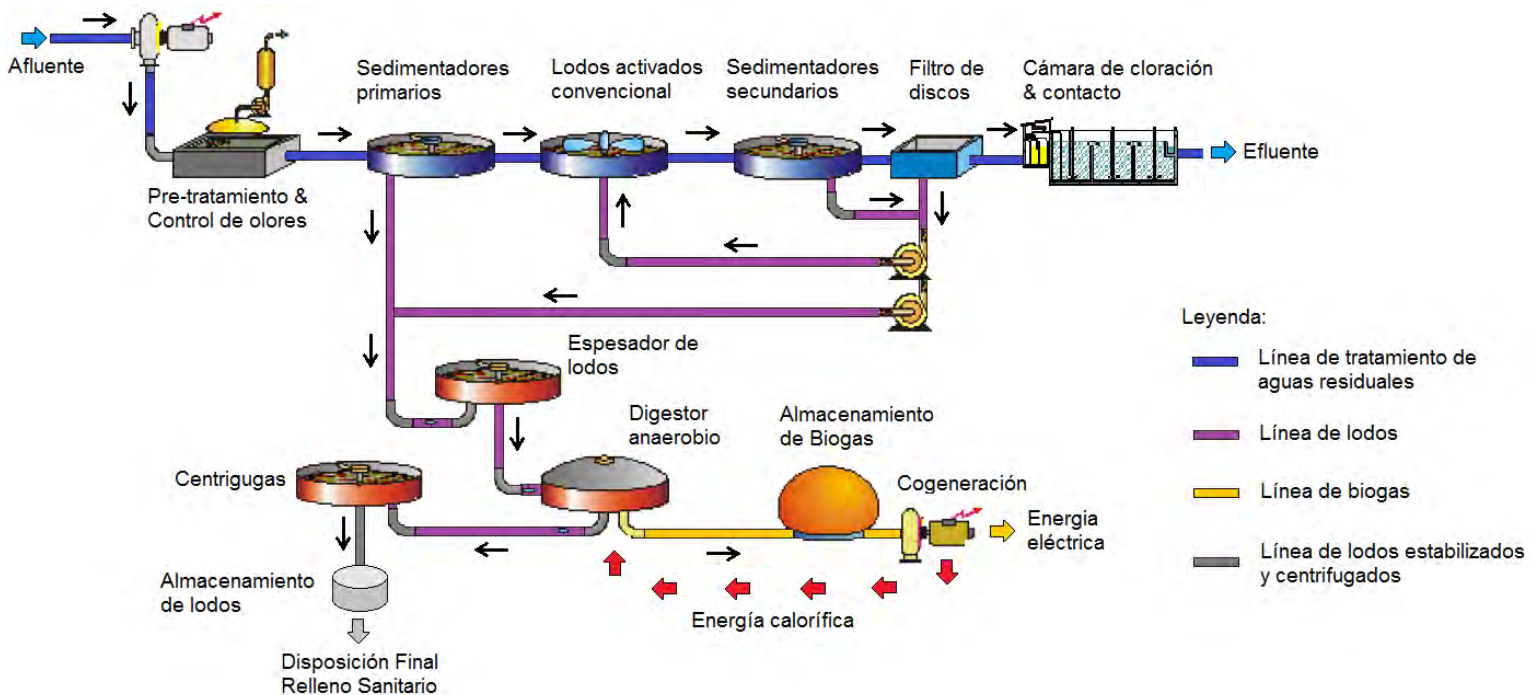
El sistema de tratamiento planteado contempla las siguientes etapas de tratamiento:

- . Pre Tratamiento
- . Tratamiento Primario

- . Tratamiento Secundario
- . Tratamiento Terciario
- . Tratamiento de Lodos

Aclaremos que el proyecto de inversión pública contempla el mejoramiento de la PTAR existente y la construcción de la PTAR proyectada, **para los objetivos de la tesis analizaremos y evaluaremos las emisiones de Gases de Efecto Invernadero únicamente de la construcción de la PTAR proyectada; es decir, el estudio se basará solamente en la ampliación de la PTAR Puente Piedra**, el porqué de esta decisión lo explicaremos en el ítem 6.3.2 Justificación de la elección de la metodología y porque es aplicable a la actividad del proyecto

Gráfico N° 4.2: Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales y lodos



Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto

El sistema de Tratamiento de Aguas Residuales planteado, tendrá una construcción modular para cubrir la demanda de tratamiento paulatinamente en dos fases u horizontes (año 10 y año 20).

Para cubrir la demanda excedente promedio de tratamiento hasta el año 10 de 870,54 L/s y 1 747,75 L/s hasta el año 20, se ha considerado la ampliación de la PTAR existente mediante la construcción de una nueva planta compuesta por cinco procesos de tratamiento que comprende lo siguiente: Pre Tratamiento, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario, Tratamiento Terciario y Tratamiento de Lodos.

Además se contempla que el tratamiento secundario de las aguas residuales es mediante Lodos Activados Convencional, el tratamiento terciario es mediante Discos Rotatorios y el tratamiento de lodos es mediante un digestor aerobio.

Cuadro N° 4.10: Características del Afluente y calidad del Efluente Esperado

Sin proyecto		Con proyecto - Ampliación PTAR Proyectada	
Parámetros de diseño		Parámetros de diseño	
Qpromedio (2000) = 422 l/s		Qpromedio (año 10) = 870.54 l/s	
Qpromedio (2009) = 422 l/s		Qpromedio (año 20) = 1 747.75 l/s	
Característica de Agua Residual a junio del 2009		Característica de Agua Residual	
Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
DBO ₅ = 342 mg/l	DBO ₅ = 342 mg/l	DBO ₅ = 445 mg/l	DBO ₅ = 15 mg/l
SST = 335 mg/l	SST = 286 mg/l	DQO = $W_{PJ,COD,ww,i} = W_{BL,in,x} = 1226$ mg/l = 0.001226 tCOD/m ³	DQO = $W_{PJ,COD,eff,i} = 37.9$ mg/l = 0.0000379 tCOD/m ³
P = 12.5 mg/l		SST = 311 mg/l	SST = 15 mg/l
Coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes	P = 8.1 mg/l	P = 6.0 mg/l
2.00 E + 08 NMP/100ml	1.00 E + 05 NMP/100ml	Coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes
		2.00 E + 08 NMP/100ml	1.00 E + 03 NMP/100ml

Cuadro N° 4.11: Unidades de Tratamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto

Unidades de Tratamiento				
Pre Tratamiento	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario	Tratamiento Terciario	Tratamiento de Lodos
PTAR Proyectada				
Cámara de Rejas Gruesas y Finas	Sedimentadores Primarios	Lodos Activados Convencional	Filtros de Discos Rotatorios	Cámara de retorno de lodos secundarios
Desarenador aireado y retenedor de grasas		Sedimentadores Secundarios	Desinfección - Cámara de contacto	Espesador de lodos por gravedad (lodos secundarios)
				Digestor anaerobio (lodos primarios y secundarios)
				Sistema de deshidratación de lodos espesados
				Centrífugas
				Dosificador de polímeros

Planta de Tratamiento Proyectada (Ampliación)

Para la ampliación de la PTAR Puente Piedra, se han realizado el pre diseño utilizando las estimaciones de las proyecciones de los cuadros de demanda promedio, los valores de las proyecciones encontradas se presentan a continuación:

Año 10	:	870,54 L/s
Año 20	:	1 747,75 L/s
K1	:	1,3
K2	:	2,5

Estos valores no consideran el caudal de diseño de ingreso a la planta existente (420 L/s).

La DBO₅ para toda la etapa del proyecto se está considerando en 445,0 mg/L mientras que la carga estimada para toda la vida del proyecto (año 20) es de 67197,5 Kg DBO/día en el afluente.

Se plantean cinco procesos, los cuales trabajando en conjunto, permitirán reducir la carga orgánica y bacteriana a valores por debajo de lo establecido en el estándar de calidad.

Las unidades planteadas son las siguientes:

a) Pre Tratamiento

- i) Cámara de rejas gruesas manuales, automáticas, y finas
- ii) Desarenador aireado y retenedor de grasas
- iii) Cámara de control de olores
- iv) Cámara de otros usos

b) Tratamiento Primario

- i) Sedimentador primario

c) Tratamiento Secundario

- i) Lodos activados convencional
- ii) Sedimentación secundaria

d) Tratamiento Terciario

- i) Filtro de discos rotatorios
- ii) Sistema de desinfección - cámara de contacto
- iii) Cámara de otros usos

e) Tratamiento de lodos

- i) Cámara de retorno de lodos secundarios
- ii) Espesador de lodos por gravedad (lodos secundarios).
- iii) Digestor anaerobio (lodos primarios y secundarios)
- iv) Sistema de deshidratación
- v) Centrífugas
- vi) Dosificadores de polímeros

Descripción de unidades requeridas para el desarrollo del Proyecto MDL

b) Tratamiento Primario

i) Sedimentador primario

A partir de la unidad de Pre Tratamiento, ingresará una tubería del sistema de tratamiento, de material HDPE de 1500 mm de diámetro, hacia los sedimentadores primarios.

Los sedimentadores rectangulares serán de concreto armado con dos tolvas a la entrada de la unidad. Cada clarificador contará con un mecanismo de barrido de lodos con cadena no metálica y 4 ejes para transportar los lodos hacia las tolvas y luego ser bombeados hacia el digestor aerobio.

Las características de las unidades propuestas son las siguientes:

Horizonte del Proyecto, Año 10

Número de clarificadores	:	5,0
Largo (m)	:	60,0
Ancho (m)	:	7,0
Altura (m)	:	3,5
Carga superficial (m ³ /m ² /h)	:	1,5

Horizonte del Proyecto; Año 20

Número de clarificadores	:	5,0
Largo (m)	:	60,0
Ancho (m)	:	7,0
Altura (m)	:	3,5
Carga superficial (m ³ /m ² /h)	:	1,5

Los sedimentadores primarios contarán con una sala de bombas para impulsar los lodos almacenados en las tolvas hacia el digestor anaerobio, mediante una tubería de HDPE de DN 250 mm. Las características de las bombas se detallan a continuación:

Tipo	:	Electrobomba Centríf. - Horizontal
Número	:	10 (05 proyectadas para el año 20)
Caudal	:	14 L/s cada una
HDT	:	26 m
Potencia de las bombas	:	7,5 HP

c) Tratamiento Secundario

i) Lodos activados convencional

A partir de los sedimentadores primarios, ingresará una tubería de HDPE de DN 1500 mm hacia la caja de derivación N° 2 y de esta estructura hacia la unidad de lodos activados.

Para la primera etapa del proyecto se diseñará un sistema de aireación convencional, compuesto por cuatro (04) tanques de aireación en paralelo, para alcanzar la eficiencia de remoción de la carga orgánica. Cada uno de los módulos será diseñado para un caudal promedio de 217,64 L/s y estará dividido en 4 compartimentos que funcionarán a diversas concentraciones de oxígeno para permitir los procesos de nitrificación y desnitrificación simultánea.

El suministro de oxígeno a los tanques de aireación se realizará con sopladores centrífugos y difusores de membrana EPDM tipo burbuja fina DualAir.

Cada difusor de burbuja fina tipo disco será diseñado para un flujo de 0.5 a 2.5 cfm, operando en un rango de 2.2 a 2.8 KPa.

El plato base y el anillo de fijación serán fabricados de polipropileno relleno con cristal.

La membrana de los difusores tendrán una válvula check de aire de 1.7 pulgadas de diámetro y 0.25" de espesor.

Los difusores tendrán una membrana de EPDM con un diámetro de 9", espesor de 0.16" y tendrán más de 5000 orificios.

En los anexos, se presentan los cálculos realizado para obtención de las dimensiones de las unidades las cuales se especifican a continuación:

Horizonte del Proyecto año 10

Número de tanques	:	4
Largo de tanque (m)	:	90,0

Ancho del tanque (m)	: 23,0
Altura del tanque (m)	: 4,0
Número de sopladores	: 5 (4 en operación y 1 en stand by).
Potencia estimada de los sopladores (Kw):	5 x 400 (en conjunto)

Horizonte del Proyecto año 20

Número de tanques	: 4
Largo de tanque (m)	: 90,0
Ancho del tanque (m)	: 23,0
Altura del tanque (m)	: 4,0
Número de sopladores	: 5 (4 en operación y 1 en stand by).
Potencia estimada de los sopladores (HP)	: 5 x 400 (en conjunto)

La transferencia de oxígeno se realizará con sopladores tipo centrífugos que contarán con todos sus accesorios auxiliares (filtros, silenciadores, válvulas de alivio, etc.) Estos equipos serán instalados en una sala que contará con los equipos necesarios (tecle eléctrico) para la maniobra durante las labores de mantenimiento.

ii) Sedimentación secundaria

La tubería de tratamiento, proveniente de la unidad de lodos activados, de material HDPE DN 1500 mm, ingresará a la caja de derivación N° 3, de donde se derivará en 04 tuberías de HDPE DN 800 mm, para ser conducidos hacia los sedimentadores secundarios.

Los clarificadores secundarios, que serán tanques de concreto armado, consistente en un mecanismo de extracción de lodos tipo tubería perforada en el fondo de la unidad y un sistema de barredor en la superficie del agua, para eliminar las grasas y espumas.

El clarificador tiene el ingreso del afluente por la parte inferior, hacia un pozo central de alimentación fabricado en acero A-36 con un sistema de baffles, en el cual se reduce la velocidad del líquido y se elimina la turbulencia.

Los lodos sedimentados serán extraídos del fondo del clarificador a través de un manifold colector de lodos, el cual gira muy lentamente succionando todo el lodo que es sedimentado, los que a su vez van hacia una cámara de bombeo de lodos, mediante una tubería de HDPE de 600 mm, del cual serán recirculados a través de una bomba centrífuga hacia el tanque de aireación, para mantener una concentración de microorganismos de 2 500 mg/L.

Horizonte del Proyecto 10 años

Número de clarificadores	:	4,0
Diámetro (m)	:	41,0
Altura (m)	:	4,0

Horizonte del Proyecto 20 años

Número de clarificadores	:	4,0
Diámetro (m)	:	41.0
Altura (m)	:	4,0

e) Tratamiento Terciario

Filtro de Discos Rotatorios

La línea de tratamiento proveniente de los sedimentadores secundarios, ingresará a los filtros de discos, mediante una tubería de HDPE de DN 1500 mm

Para el caudal del año 10, se considerarán siete (07) filtros de discos y siete (07) más para el año 20, cada uno para un caudal promedio de hasta 124.4 L/s y caudal máximo de hasta 311,0 L/s, que serán instalados en tanques de concreto de dimensiones 2,35 m de ancho, 9,0 m de largo y 2,5

m de altura. La tasa de filtración considerada en el diseño es de 11,7 m³/m².h.

Los filtros de disco consistirán en un tambor central de acero inoxidable 304 sobre el cual los discos con los paneles de los medios de filtrado estarán montados. El tambor central será soportado por un juego de ruedas tipo rodillo.

Cada unidad de filtrado incluirá un sistema de accionamiento, un tambor central y discos con paneles de medio de filtración plisados de 10 micras, y cada uno de ellos contará con una bomba Grundfos de baja presión para proporcionar agua a una presión superior a 90 PSI en los inyectores de retro lavado. La bomba de lavado será tipo centrífuga multietapa de acero inoxidable con su succión localizada dentro de la cámara de filtrado.

Asimismo, se contará con un sistema de boquillas a presión que permitirá realizar el lavado de los paneles.

El filtro de discos será equipado con una canaleta central para la recolección y eliminación del agua de lavado y de los sólidos filtrados. La canaleta será construida de acero inoxidable 304. Los sólidos junto con el agua de lavado serán eliminados por gravedad vía la tubería de purga de sólidos de rechazo.

El ciclo de lavado es iniciado por el sensor de nivel, la bomba de lavado y el accionamiento del filtro de disco se activarán. El ciclo de lavado durará hasta que el nivel del agua en la cámara del afluente disminuya hasta el nivel indicado por el sensor del nivel de agua más un tiempo de retraso ajustable. Durante este periodo, el accionamiento incorporado permitirá girar el tambor central del disco a una velocidad de hasta 3 RPM para mantener el filtrado continuo del efluente de los clarificadores.

Sistema de Desinfección - Cámara de Contacto

Mediante una tubería de HDPE de DN 1500 mm, llegará la tubería de tratamiento a la cámara de contacto.

El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de la planta de tratamiento, con el objetivo de disminuir la carga bacteriana en el desecho líquido.

De todos los desinfectantes empleados, el cloro es el más ampliamente utilizado. La razón es que satisface la mayoría de los requisitos establecidos para el proceso de desinfección.

Los equipos de cloración por el nivel alto de complejidad, deben ser de tipo automático. El sistema de cloración automática depende del cuerpo del agua receptor, del efluente de la planta y será controlado por el caudal.

Existirá un equipo de reserva disponible, con suficiente capacidad para reemplazar la unidad de mayor tamaño durante paros por averías.

La dosificación de cloro para desinfección normal de aguas residuales domésticas se aplicará a una dosis de 8,0 mg/L. El sistema propuesto contará con cloradores, inyector, bombas Booster, analizador de cloro en línea, detector de fugas de gas, cilindros de 1 Ton, equipos de protección del personal y equipos auxiliares que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

Siendo este proceso el último del sistema de tratamiento de aguas residuales, la descarga al curso de agua superficial será mediante la línea de derivación, para lo cual se utilizará una tubería de HDPE de DN 1500 mm, para luego descargar el efluente al río Chillón.

La cámara de contacto tendrá las siguientes características:

Horizonte del Proyecto 10 años

Ancho de la unidad (m)	: 7,0
Largo de la unidad (m)	: 72,0
Profundidad de la unidad (m)	: 3,0
Tiempo de contacto (min)	: 30,0

Horizonte del Proyecto 20 años

Se proyecta la construcción de otra unidad idéntica a la del año 10.

f) Tratamiento de lodos Mediante proceso Anaerobio

i) Cámara de retorno de lodos secundarios

Se ha considerado una cámara de bombeo para el retorno de lodos de los clarificadores secundarios hacia los tanques de aireación (lodos activados), mediante una tubería de HDPE de DN 600 mm, otra derivación será impulsada hacia los espesadores, mediante tubería de HDPE de DN 200 mm.

Para la primera etapa del proyecto, se considerará la construcción de 01 cámara de bombeo para los lodos de los cuatro (04) clarificadores secundarios

La cámara de bombeo tendrá las siguientes dimensiones.

Caudal (año 10)	: 870.54 L/s
Tiempo de retención	: 7,5 min.
Volumen útil	: 318,2 m ³
Altura de la cámara	: 4,50 m
Borde libre	: 0,6 m
Diámetro	: 9,50 m

ii) Espesador de lodos por gravedad (lodos secundarios).

Los lodos en exceso de los sedimentadores secundarios se llevarán hacia 02 espesadores por gravedad para su mezcla y homogenización. De esta manera se obtendrá una calidad de lodos uniforme, que permitirá un mejor control de la dosificación de polímeros en la deshidratación de lodos subsiguiente.

El sistema consistirá de un tanque de concreto circular con pendiente tronco-cónica hacia el interior de este. Sobre el mismo se montarán los

equipos mecánicos que servirán para recoger los lodos para su evacuación.

Los lodos del proceso de lodos activados llegan al espesador a través de la tubería de impulsión y se descargan en la parte alta del cilindro de alimentación situado al centro del mismo, sumergido casi en su totalidad. Este cilindro tiene por finalidad eliminar las posibles turbulencias del flujo de entrada y proporciona al líquido una dirección descendente, previniendo la turbulencia y cortocircuitos.

Se estima que para el caudal al año 10, la cantidad de lodos que ingresarán al espesador será de 11 943 kg/d, con una concentración de 0.75%. Considerando una tasa de 28 Kg/m².d se propone la construcción de 02 espesadores por gravedad con diámetro de 16,5 m y altura de 4,5 m cada uno. A la salida de los espesadores se obtendrá aproximadamente 10 151 Kg/d, con una concentración de 3,0%.

Para la segunda etapa (año 10) se considerará la construcción de 02 espesadores por gravedad con similares características.

Cuadro N° 4.12: Características técnicas del espesador de lodos

Descripción	Parámetro	Magnitud	Unidad
Operativa	N° Espesadores	2.00	Unidad
	Peso específico del lodo alimentado y espesado	1.03	Decimales
Al ingreso del espesador de lodos por gravedad:	Masa de lodos	11,943.00	kg/d
	Concentración	0.75%	Porcentaje
A la salida del espesador de lodos por gravedad:	Masa de sólidos	10,151.00	kg/d
	Concetración	3.00%	Porcentaje

iii) Digestor anaerobio (lodos primarios y secundarios)

Los lodos recuperados en los sedimentadores primarios y tanques de aireación, serán conducidos a los digestores anaerobios para su estabilización, reducción de sólidos volátiles y remoción de parásitos.

Los lodos serán completamente mezclados y calentados en el digestor anaerobio para su digestión a una temperatura de 35° C. Para el caudal al año 10, la cantidad de lodo de ingreso a los digestores será de 628 m³/d con una concentración de 4%.

Considerando un tiempo de retención de 18 días y una altura de 8,0 m, se propone la construcción de dos (02) digestores anaeróbicos con un diámetro de 32 m cada uno.

A la salida de los digestores, se estima una reducción de 50% de los sólidos volátiles. Estos lodos serán conducidos hacia el sistema de deshidratación de lodos.

Para la segunda etapa (año 20) se considerará la construcción de dos (02) digestores con similares características a las del año 10.

Cuadro N° 4.13: Características técnicas del digestor anaeróbico

Descripción	Parámetro	Magnitud	Unidad
Operativa	N° Digestores Anaeróbicos	2.00	Unidad
	Temperatura de operación	35	C
	Tiempo de retención	18.00	días
Al ingreso de los digestores anaeróbicos	Volumen de lodos	628	m ³ /d
	Concentración de solidos	4.00%	Porcentaje
	Masa de sólidos	25,874	kg/d
A la salida de los digestores anaeróbicos	Reducción de 50% como máxima de los sólidos suspendidos volátiles	50.00%	Porcentaje

iv) Sistema de deshidratación

Los lodos digeridos serán bombeados a las líneas de deshidratación que estarán compuestas por dosificadores de polímeros y centrífugas de alta presión que permitirán la separación de líquido/sólido. Los polímeros se dosificarán para permitir la aglomeración de partículas. Los lodos deshidratados serán descargados hacia transportadores tipo tornillo sin fin

para su disposición en contenedores. El agua filtrada será retornada al tratamiento biológico.

Para la alimentación de lodos se usarán bombas excéntricas de tornillo. El polímero será mezclado con los lodos antes de ingresar a las centrífugas. Se utilizará polímero líquido que será mezclado con agua de servicio en la unidad automática de preparación de polímeros.

v) Centrífugas

La separación se realizará en un rotor horizontal de forma cónico cilíndrico, constituido por un tornillo transportador que rueda en el mismo sentido que el rotor, pero a una velocidad distinta.

El lodo entrará a las centrifugas por el extremo estrecho del rotor a través de un tubo de entrada centrado en el eje hueco del transportador. Cuando sale del tubo, el lodo será impulsado por la fuerza centrífuga a la cavidad del rotor.

Los sólidos del lodo se depositarán en la pared del rotor en forma de una capa, formando la parte líquida una capa interior cuyo espesor se determina por la posición de los vertederos ajustables de salida en el extremo ancho del rotor. El tornillo transportador conducirá los sólidos hacia el extremo estrecho, por donde se descarga debido a la fuerza centrífuga a través de aberturas de salidas localizadas alrededor del rotor. El líquido saldrá por los vertederos en el extremo opuesto.

Tanto el líquido como los sólidos serán recogidos en cubiertas especiales alrededor del rotor y se descargarán de la máquina por gravedad.

Para la primera etapa del proyecto se ha considerado los siguientes parámetros de diseño:

Capacidad de ingreso lodo (entrada 3% DS) : 498 m³/d

Nº de centrífugas : 2 en operación

Tiempo de operación : 5 días/semana

Horas de operación : 8 horas/día

Capacidad de cada centrifuga : hasta 45 m³/h
 Potencia total de cada centrifuga : 100 HP cada una

Tabla 4.14: Características técnicas de las centrifugas

Descripción	Parámetro	Magnitud	Unidad
Operación de las centrifugas	Tiempo de operación	5.00	días/semana
		8.00	horas/día
	Cantidad de centrifugas operando	2.00	Unidad
	Capacidad de cada centrifuga	45.00	m ³ /h
Al ingreso de las centrifugas	Concentración	3.00%	DS
	Volumen de lodos	498.00	m ³ /d
	Masa de los lodos	187,223	Tn/año

vi) Dosificadores de polímeros

Se dosificará el polímero en la línea directamente a la alimentación para las centrifugas. El consumo de polímero estimado será de 3-4 Kg / Ton TS. Se contará con 3 dosificadores de polímeros líquidos.

Disposición final de las aguas residuales tratada y de los residuos sólidos generados en la actividad de la Ampliación de la PTAR Puente Piedra

Las aguas residuales tratadas en la ampliación de la PTAR Puente Piedra serán descargadas al río Chillón, por cumplir con los Estandares de Calidad Ambiental y, los residuos sólidos (lodos estabilizados, residuos gruesos recolectados en el pre tratamiento, entre otros) de la ampliación de la PTAR Puente Piedra serán dispuestos en el relleno sanitario El Zapallal.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES CLAVES

5.1. FASE DE OPERACIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO - SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Se especificará en adelante, la fase de operación de la actividad del proyecto, mencionando el consumo de energía que demanda el sistema de lodos activados, eficiencia del tratamiento para determinadas unidades, y la producción de metano durante la digestión de lodos.

5.1.1. CONSUMO DE ENERGÍA QUE DEMANDA EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Del estudio de propiedad intelectual de SEDAPAL: Perfil del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra”, se ha realizado la selección de los equipos requeridos para la operación del sistema de lodos activados (Ampliación de la PTAR Puente Piedra), especificando en el Cuadro N° 5.1 las potencias instaladas y la demanda anual de energía eléctrica para la Ampliación de la PTAR Puente Piedra, calculándose 14,472.0 MWh por año.

Cuadro N° 5.1: Cuadro resumen de potencias instaladas y energía requerida por el sistema de lodos activados

ITEM	DESCRIPCIÓN	N° de Unidades	Reserva	Máxima demanda		Horas/día	Factor de Potencia	Energía MWh/Año
				HP	KW			
1	PRE-TRATAMIENTO							
1.1	Motor rejas mecánicas gruesas	2		6.00	4.48	24	0.75	29
1.2	Motor tornillo transportador rejas gruesas	2		6.00	4.48	24	0.75	29
1.3	Motor compactador de arena	1		7.00	5.22	24	0.75	34
1.4	Motor rejas mecánicas finas	2		6.00	4.48	24	0.75	29
1.5	Motor tornillo transportador a contenedor	2		6.00	4.48	24	0.75	29
1.6	Motor puente móvil	1		2.00	1.49	24	0.75	10
1.7	Motor sopladores desarenadores	2	1	283.84	211.74	24	0.75	1,391
1.8	Válvulas automáticas sopladores	2	1	1.25	0.93	24	0.75	6
1.9	Motor bombas verticales desarenadores	2		8.00	5.97	24	0.75	39
1.10	Motor de compuertas	14		5.60	4.18	24	0.75	27
1.11	Motor a control de olores zona de rejas	1		9.00	6.71	24	0.75	44
1.12	Motor a control de olores zona de aireación	1		32.00	23.87	24	0.75	157
1.13	Motor bomba de evacuación de agua de las arenas	2		3.00	2.24	24	0.75	15

ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº de Unidades	Reserva	Máxima demanda		Horas/día	Factor de Potencia	Energía MWh/Año
				HP	KW			
TRATAMIENTO PRIMARIO								
2 SEDIMENTADOR PRIMARIO								
2.1	Motor cadenas barredores de lodo	5		7.50	5.60	24	0.75	37
2.2	Válvulas automáticas bombas	10		4.15	3.10	24	0.75	20
2.3	Motor bombas sedimentadores primarios	5		31.13	23.22	24	0.75	153
2.4	Motor extractor ventilador de aire en sala de bombas	2		0.54	0.40	24	0.75	3
2.5	Motor teclé eléctrico en sala de bombas	1		3.00	2.24	24	0.75	15
TRATAMIENTO SECUNDARIO								
3 LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL								
3.1	Motor sopladores lodos activados	4	1	2,226.10	1,660.67	18	0.75	8,183
3.2	Válvulas automáticas sopladores	4	1	2.08	1.55	24	0.75	10
3.3	Motor extractor ventilador de aire en sala de sopladores	2		1.78	1.33	24	0.75	9
3.4	Motor teclé eléctrico en sala de sopladores	1		3.00	2.24	24	0.75	15
3.5	Válvula de compuerta con actuador eléctrico	16		12.80	9.55	24	0.75	63
4 SEDIMENTADOR SECUNDARIO (CLARIFICADOR)								
4.1	Motor sedimentadores secundarios	4		28.00	20.89	24	0.75	137
5 CÁMARA DE BOMBEO RETORNO DE LODOS								
5.1	Motor bombas retorno a lodo convencional	3	1	463.14	345.50	22	0.75	2,043
5.2	Motor bombas a espesadores	2		23.88	17.81	24	0.75	117
5.3	Motor extractor ventilador aire en CB retorno de lodos	2		4.30	3.21	24	0.75	21
5.4	Motor tele eléctrico aire en CB retorno de lodos	1		3.00	2.24	24	0.75	15
5.5	Válvulas automáticas bombas	1		0.42	0.31	24	0.75	2
TRATAMIENTO TERCARIO								
6 FILTROS DE DISCO								
6.1	Motor de filtro de discos	7		5.25	3.92	24	0.75	26
6.2	Motor de compuertas	7		2.80	2.09	24	0.75	14
6.3	Motor bomba de lavado de filtros de disco	7		26.25	19.58	24	0.75	129
7 SISTEMA DE DESINFECCIÓN (CLORACIÓN Y CONTACTO)								
7.1	Motor bomba de cloro	2		5.50	4.10	24	0.75	27
7.2	Motor extractor ventilador de aire	1		0.27	0.20	24	0.75	1
7.3	Motor teclé eléctrico en sala de cloro	1		3.00	2.24	24	0.75	15
TRATAMIENTO DE LODOS								
8 ESPESADORES (LODOS SECUNDARIOS)								
8.1	Motor de espesadores	2		24.00	17.90	24	0.75	118
9 DIGESTOR (LODOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS)								
9.1	Motor a bomba de espesador a digestor	2		14.00	10.44	24	0.75	69
10 SALA DE CENTRIFUGAS								
10.1	Motor de centrifugas	2		150.00	111.90	24	0.75	735
10.2	Motor de tazón de centrifugas	2		50.00	37.30	24	0.75	245
10.3	Motor del sistema de polímeros	2		1.00	0.75	24	0.75	5
10.4	Motor de tornillos transportadores	2		6.00	4.48	24	0.75	29
10.5	Motor bombas de drenaje agua centrífuga	2		7.00	5.22	24	0.75	34
10.6	Motor extractor ventilador de aire	2		1.78	1.33	24	0.75	9
10.7	Motor teclé eléctrico en sala de centrifugas	1		3.00	2.24	24	0.75	15
10.8	Motor bombas peristálticas de alimentación a polímeros	2		1.50	1.12	24	0.75	7
10.9	Motor bombas de alimentación a centrifugas	2		20.00	14.92	24	0.75	98
11 OTROS USOS								
11.1	Motor bomba a tanque de almacenamiento lavado rejas	1	1	4.00	2.98	24	0.75	20
11.2	Motor bomba a lavado rejas y control de olores	1	1	4.00	2.98	24	0.75	20
11.3	Motor bomba a polímeros	1	1	1.50	1.12	24	0.75	7
11.4	Motor bomba oficinas administrativas	1	1	1.50	1.12	24	0.75	7
11.5	Motor bomba de riego	1	1	2.40	1.79	24	0.75	12
11.6	Iluminación exterior			20.35	15.18	24	0.75	100
11.7	Iluminación interior y tableros de control			10.00	7.46	24	0.75	49

POTENCIA INSTALADA TOTAL¹:	2.65 MW
TOTAL ENERGÍA ELÉCTRICA DEMANDADA POR LA AMPLIACIÓN DE LA PTAR PUENTE PIEDRA¹:	14,472 MWh/Año

(1) Fuente: SEDAPAL, Perfil del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento del Colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra"

5.1.2. EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO PARA DETERMINADAS UNIDADES

El agua residual tratado presenta una Alta calidad del efluente tratado debido al control del flujo de agua residual, el oxígeno y la densidad bacteriana (lodo activado).

Presentando una mayor eficiencia en el tratamiento, comparada con los lechos biológicos, debido a la mayor independencia de la temperatura (flexibilidad operacional). No produce OLORES DESAGRADABLES ni atrae moscas.

Cuadro N° 5.2: Cuadro de eficiencia de remoción

Unidades de tratamiento	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)							
	DBO ₅	DQO	SST	P _{TOTAL}	N _{ORG}	NH ₃	BACTERIAS	COLIFORMES
1. Tratamiento Preliminar	Pequeña (a) ^{1/} 5 – 10 (b)	Pequeña (a) ^{1/}	pequeña (a) ^{1/} 5 – 20 (b)	Pequeña (a) ^{1/}	Pequeña (a) ^{1/}	Pequeña (a) ^{1/}	Pequeña (a) 10 – 20 (b)	Pequeña (a)
2. Sedimentación Primaria	30 – 40 (a) 25 – 40 (b) 25 – 40 (c)	30 – 40 (a)	50 – 65 (a) 40 – 70 (b) 40 – 70 (c)	10 – 20 (a)	10 – 20 (a)	0 (a)	25 – 75 (b) 25 – 75 (c)	40 – 60 (b)
3. Lodos Activados convencional	80 – 85 (a) 75 – 95 (b) 70 – 95 (c)	80 – 85 (a)	80 – 90 (a) 85 – 95 (b) 85 – 98 (c)	10 – 25 (a)	15 – 50 (a)	8 – 15 (a)	90 – 98 (b) 95 – 98 (c)	---

^{1/}La remoción de DBO y DQO puede variar si se emplea un desmenuzador y/o un lavado de arena. Sin estos medios la remoción de la DBO₅ puede ser de 0 – 5 % y la SST de 5 – 10 %

- (a) Datos tomados del libro de Syed R. Qasim, "Wastewater Treatment Plants".
- (b) Datos tomados del libro de Constantino Arruda Pessoa y Eduardo Pacheco Jordao "Tratamiento de Esgotos Domésticos", Río de Janeiro, ABES, 1982.
- (c) Datos tomados de la publicación de Fabián Yáñez, "Criterios de selección para alternativa de Tratamiento de Aguas Residuales", CEPIS, 1976.
- (d) Datos tomados del resumen ejecutivo del proyecto de investigación "Rehúso en Acuicultura de las Aguas Residuales Tratadas en Las Lagunas de Estabilización de San Juan, CEPIS, Lima Perú Oct/1991.
- (e) Datos tomados de los manuales del curso sobre "Alternativas de Tratamiento de Agua Residual", CNA-IMTA, México. Ago/1993.
- (f) Grin et al.(1983)

5.1.3. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS DURANTE LA DIGESTIÓN DE LODOS Y GENERACIÓN DE ENERGÍA COGENERADA

Se obtiene BIOGÁS, como producto del tratamiento de los lodos primarios y secundarios durante la digestión anaerobia, el cual se utilizará como combustible para la generación de energía eléctrica. En el Cuadro N° 5.3 se especifica cuanto de Biogás se obtiene durante el tratamiento de los lodos.

Cuadro N° 5.3: Producción de Biogás y generación de energía cogenerada

Masa de lodo que ingresa al digestor anaeróbico - Sólidos Suspendedos Totales (Kg/d)	Fracción Volátil (SSV/SST) ¹	Cantidad de SSV del lodo que ingresa a los digestores anaeróbicos (Kg SSV/día)	% de reducción de los sólidos volátiles (estimado conservador) ²	Tasa de generación de biogás conservadora (m ³ Biogás/Kg SSV eliminados) ²
25,873.60	0.67	17,335.31	45.00%	0.8

Producción de Biogás estimado (m ³ Biogás/día)	Producción de Biogás estimado (m ³ Biogás/año)	Concentración de metano disponible en el Biogás ²	Cantidad de Metano por día (m ³ metano/día)	Valor Calorífico del Biogás (KWh/m ³ biogás) ²
6,241	2,277,860	65.00%	4,056	6.21

Eficiencia Térmica ²	Generación de energía (KWh/día)	Generación de energía cogenerada (MWh/año)
25.00%	6,298	2,299

(1) Análisis de Alternativas PTAR La Victoria / El Tazajal

(2) Academia Mexicana de profesionistas en evaluación socioeconómica de proyectos - Ahorro en los procesos de las PTAR por autoconsumo de energía eléctrica, a partir del aprovechamiento del biogás generado en el mismo proceso - Consultor: Palomares Flores Mario Alberto

Por lo tanto, se produce 2,277,860 m³ Biogás / año, y se genera energía eléctrica a través del sistema de cogeneración de 2,299 MWh/año.

Se resumen en el siguiente cuadro N° 5.4 la cantidad de energía eléctrica que requiere la actividad del proyecto a través de la red eléctrica (suministrada por la Concesionaria de energía EDELNOR), siendo la cantidad de energía 12,173 MWh/año.

Cuadro N° 5.4: Energía requerida de la red eléctrica

Demanda total de energía eléctrica	14,472	MWh/año
Energía cogenerada	2,299	MWh/año
Energía requerida de la red eléctrica	12,173	MWh/año

5.2. EMISIÓN DE NUTRIENTES CON EL AGUA RESIDUAL TRATADA

El agua residual tratada en la Ampliación de la PTAR Puente Piedra presenta los siguientes nutrientes, tales como Nitrógeno, Fósforo y Amoniaco.

Fosforo¹⁰: P = 6.0 mg/l

¹⁰ Fuente: SEDAPAL, Perfil del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento del Colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra"

Nitrógeno¹⁰: N = 20 mg/l

Amoníaco¹⁰: NH₃ = 2 mg/l

5.3. EMISIÓN DE PATÓGENOS CON EL AGUA RESIDUAL TRATADA

El agua residual tratada contiene los siguientes elementos patógenos:

Cuadro N° 5.5: Elementos patógenos

Patógenos	Descripción	Cantidad
Bacterias	Coliformes Termotolerantes	1.0E+03 NMP/100ml
	Escherichia Coli	23 NMP/100ml
	Streptococcus Faecalis	15 NMP/100ml
	Salmonella	0 NMP/100ml
Virus		15 NMP/100ml

5.4. CUMPLIMIENTO DE LOS LMP PARA EFLUENTES DE PTAR

La calidad de agua residual garantiza el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los Efluentes de PTAR, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5.6: Cumplimiento de los LMP para vertidos a cuerpos de agua

Parámetro	Unidad	LMP de Efluentes para vertidos a cuerpos de aguas ¹¹	Parámetro de diseño para la Ampliación de la PTAR	Cumplimiento (Si/No)
Coliformes	NMP/100mL	10,000	1000	SI

¹¹ Los valores de LMP para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, son aquellos que fueron aprobados mediante D. S. N° 003-2010-MINAM, del 17.03.2010.

Parámetro	Unidad	LMP de Efluentes para vertidos a cuerpos de aguas¹¹	Parámetro de diseño para la Ampliación de la PTAR	Cumplimiento (Si/No)
Termotolerantes				
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	100	15	SI
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	37.9	SI
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	15	SI

CAPÍTULO VI

ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

6.1. CANTIDAD ESTIMADA A PRIORI DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI DURANTE EL PERIODO DE ACREDITACIÓN SELECCIONADO

La actividad del proyecto reduce emisiones de GEI mediante el abatimiento de la producción de metano del efluente y de los lodos, en comparación a un nuevo sistema anaerobio de laguna abierta que se construirá. El proceso de digestión anaeróbica del efluente se produce debido al elevado nivel de materia orgánica y a la presencia de bacterias anaeróbicas que generan volúmenes considerables de gases de efecto invernadero, de la misma forma el lodo generado en el sistema de lagunas abiertas se ha considerado dejar a descomponer en donde los microorganismos degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular convirtiéndose en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) principalmente.

La actividad del proyecto transformará el sistema anaerobio que se proyecta construir por un sistema de tratamiento aerobio (tratamiento convencional de lodos activados) para las aguas residuales y un digestor anaerobio con captación de biogás para el tratamiento de los lodos, el biogás se utilizará para generar electricidad el cual atenderá la demanda de las instalaciones eléctricas de la planta de tratamiento de aguas residuales. A continuación se muestra en el Cuadro N° 6.1, el Resumen de la estimación a priori de la reducción de emisiones de GEI por año expresadas en Toneladas de CO_2e , resultado de la implementación del escenario del proyecto (actividad del proyecto).

Cuadro N° 6.1: Resumen de estimación a priori de la reducción de emisiones de GEI por año

	Total
Años	Estimación a priori de la reducción de emisiones por año en toneladas de CO₂e
2014	36,385
2015	40,398
2016	44,826
2017	49,384
2018	54,250
2019	61,664
2020	67,156
Total de reducciones estimadas a priori (toneladas de CO₂e)	354,062

6.2. FINANCIAMIENTO PÚBLICO DE LA ACTIVIDAD DE PROYECTO Y PARTICIPACIÓN PARA REALIZAR UN PROYECTO MDL

El proyecto no recibiría financiamiento público de algunas de las Partes incluidas en el Anexo I (Países desarrollados) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Según el Acuerdo de Marrakech (Anexo – Modalidades y procedimientos de un MDL – F. Requisitos de Participación) menciona que las partes no incluidas en el “Anexo I” podrán participar en una actividad de proyecto MDL si conforman el Protocolo de Kyoto; y por ser el Perú un país integrante de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) desde 1992 (se ratificó la UNFCCC mediante Resolución Legislativa N° 26185) y del Protocolo de Kyoto (PK) desde 2002 (se ratificó el PK mediante Resolución Legislativa N° 27824); puede realizar un proyecto MDL.

Las funciones que asume el Perú es el de tramitar en forma Unilateral los proyectos MDL, sin participación de alguna de las partes del “Anexo I”, hasta una vez realizado el registro, lo mencionado se señaló en la reunión 19 de la Junta Ejecutiva y quedo ratificado en su correspondiente Anexo 14 .

6.3. METODOLOGÍA DE LÍNEA BASE Y MONITOREO

6.3.1. Título y referencia de la metodología de Línea Base y monitoreo aprobada aplicada a la actividad de proyecto

El proyecto utilizará la metodología aprobada AM0080, Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el tratamiento de aguas residuales haciendo uso de plantas de tratamiento aeróbico de aguas residuales. Versión 01, Validada del 27 Mayo 2009.

6.3.2. Justificación de la elección de la metodología y porque es aplicable a la actividad de proyecto

De las metodologías expuestas en el ítem 2.1 *Normativa Internacional*, donde se describe nueve (9) metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL, relacionadas al tratamiento de Aguas Residuales y tratamiento de Lodos, se ha elegido la metodología **AM0080** por englobar los requerimientos de aplicabilidad, los cuales que se detallan en el siguiente cuadro N° 6.2:

Cuadro N° 6.2: Justificación de la elección de la metodología AM0080

Condiciones de elegibilidad (como se menciona en la metodología AM0080)	Conformidad
La actividad de proyecto o bien sustituye a un sistema anaeróbico existente de lagunas abiertas, con o sin modificación del sistema de tratamiento de lodos, o es una alternativa, a un nuevo sistema anaeróbico de lagunas abiertas que se construirá;	El proyecto es un nuevo sistema aerobio que sustituye a un sistema anaerobio de lagunas abiertas que se construirá.
La demanda química de oxígeno (COD) de las aguas residuales tiene que ser lo suficientemente alta como para asegurar que el sistema anaeróbico de lagunas abiertas existente o nuevo que se construirá desarrolla una capa inferior anaeróbica y que la producción de oxígeno de las	El nuevo sistema anaerobio de lagunas abiertas que se construirá tratará las aguas residuales con una demanda química de oxígeno = 92,213.17 kg/día al año 2021 (Año 2021 = 1,150,629 habitantes), el mismo que se considera alta.

Condiciones de elegibilidad (como se menciona en la metodología AM0080)	Conformidad
algas se puede descartar;	
La profundidad media del existente o nuevo sistema anaerobio de lagunas abiertas que se construirá es de al menos 1 metro.	La construcción de las nuevas lagunas abiertas anaeróbicas sería de 6 metros de profundidad.
Los promedios mensuales de temperaturas ambiente son mayores de 10 ° C.	Los promedios mensuales de temperaturas ambiente son mayores de 10 ° C, a excepción de enero y febrero.
El tiempo de retención de la materia orgánica en el sistema anaeróbico de lagunas abiertas es de al menos 30 días.	La materia orgánica en el sistema anaeróbico de lagunas abiertas tiene un tiempo de retención de más de 30 días.
<p>Los lodos producidos en la planta de tratamiento de aguas residuales aerobio, de la actividad del proyecto, tiene el siguiente manejo:</p> <p>(1) tratada de la misma forma que el lodo que se habría producido en el sistema de lagunas anaeróbicas abiertas en el escenario de la Línea Base. Esto incluye una de las dos siguiente opciones: (i) los lodos se vierten o se deja descomponer, o (ii) el lodo se seca bajo condiciones controladas y aeróbica, y luego se desechan en un vertedero con recuperación de metano o para aplicación en el suelo; o</p> <p>(2) tratada en un nuevo digestor anaeróbico, el biogás extraído del digestor anaeróbico se quema y/o se utiliza para generar electricidad y/o calor. Los residuos de la digestión anaerobia se deshidratan, luego le</p>	<p>Los lodos producidos en la actividad de proyecto se tratan en un nuevo digestor anaeróbico, el biogás se captura y se utilizan para generar electricidad y calor.</p> <p>Los residuos de la digestión anaerobia se envían a las centrifugas de deshidratación de lodos. El lodo se almacena en los estanques bajo condiciones aeróbicas como su profundidad menor que 1 m. Después de deshidratar el lodo a aproximadamente 30% de sólidos secos, se almacena para finalmente ser dispuesto a un relleno sanitario controlado.</p>

Condiciones de elegibilidad (como se menciona en la metodología AM0080)	Conformidad
esparcimos cal y se almacenan antes de su disposición final en un relleno sanitario controlado.	

6.3.3. Descripción de las fuentes y gases incluidos en el límite del proyecto

De acuerdo a la metodología AM0080 utilizada para esta actividad de proyecto, la extensión espacial del límite del proyecto incluye:

- ✓ Las unidades de tratamiento de la PTAR, siendo: pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y tratamiento de lodos. Siendo los componentes de resaltar en estas unidades: Digestor anaerobio (lodos primarios y secundarios) con los equipos de generación de calor y los tanques de lodos activados con los equipos de sopladores centrífugos.
- ✓ El área de cogeneración de la PTAR Puente Piedra, es donde se ubicaría la planta de generación de energía por biogás, el mismo que suministrará de electricidad a la ampliación de la PTAR Puente Piedra.
- ✓ Las Centrales Eléctricas (Centrales Hidroeléctricas “C.H.” – Centrales Térmicas “C.T.”) que entregan energía a la PTAR Puente Piedra son: C.H. de Moyopampa (69MW), C.H. Huampaní (31 MW) y centrales termoeléctricas (C.T.) Chilca (362MW) y la C.T. Kallpa (190MW).

Se consideran aquellas centrales hidroeléctricas y termoeléctricas mencionadas líneas arriba como aquellas que generan energía en media tensión para el suministro eléctrico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra, aquello es una conclusión utilizando el siguiente criterio: En el Perú existe un Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) que implica que todas las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas están conectadas a las redes eléctricas de todo el País, por ello las Centrales Hidroeléctricas que estarían más cerca de la PTAR Puente Piedra serían las seleccionadas como aquellas que suministran de energía a la PTAR Puente Piedra.

Por consiguiente para el cálculo de las estimaciones a priori de las reducciones de emisiones de GEI, se considera a las centrales hidroeléctricas como generadoras de energía tanto en la Línea Base como en la actividad del proyecto; el cual permite tener un factor de seguridad en las estimaciones de GEI por generación de electricidad.

Cuadro N° 6.3: Fuentes de emisiones y gases incluidos en el límite del proyecto a efectos de calcular las emisiones del proyecto y las emisiones de la Línea Base

	Fuente	Gas	¿Incluido?	Justificación/Explicación
Escenario Línea Base	Tratamiento de aguas residuales	CH ₄	Sí	Fuente principal de emisión.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
		CO ₂	No	Esta fuente no está obligado a estimarse para proyectos de manejo y disposición de residuos bajo AM0080.
	Generación de energía eléctrica	CO ₂	Sí	Emisiones de CO ₂ provenientes de la energía eléctrica que se hubiera consumido en el escenario del proyecto, y que es equivalente al consumo de energía cogenerada en el escenario del proyecto.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
	Transporte de lodos	CO ₂	Sí	Emisiones de CO ₂ por transporte de lodos son incluidos bajo AM0080.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
Escenario del Proyecto	Tratamiento de aguas residuales y lodos	CH ₄	Sí	Fuente importante de emisión
		CO ₂	No	No se contabilizan estas emisiones por considerarse naturales y de origen antropogénico.
		N ₂ O	No	Los lodos son tratados y su disposición final es en un relleno sanitario que controla las emisiones de GEI.
	Uso de electricidad en la planta de tratamiento de aguas residuales	CO ₂	Sí	Emisiones de CO ₂ relacionadas con la electricidad suministrada por la red de Edelnor S.A.A. al sistema de tratamiento aerobio de aguas residuales.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
	Transporte de lodos	CO ₂	Sí	Emisiones de CO ₂ por transporte de lodos son incluidos bajo AM0080.
		CH ₄	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.
		N ₂ O	No	Excluido por simplificación bajo AM0080.

6.3.4. Descripción de como el escenario Línea Base es identificado y descripción del escenario Línea Base identificado

El Escenario Línea Base más recomendado es identificado mediante los siguientes pasos:

Paso 1: Identificación de alternativas de escenarios

Paso 2: Análisis de Barreras

Paso 3: Análisis de Inversión

Paso 4: Análisis de la Práctica Común

Paso 1: Identificación de alternativas de escenarios

Cuadro N° 6.4: Identificación de alternativas de escenarios – Aguas Residuales

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión												
W1	Descarga directa de aguas residuales a un cuerpo de agua cercano.	<p>Esta opción no puede ser considerada como una alternativa en ausencia de la actividad del proyecto, porque la descarga de agua residual sin tratamiento a un cuerpo de agua, tiene parámetros físicos, químicos y biológicos que no están contenidos dentro de los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, según se estipula en el D.S. N° 003-2010-MINAM, siendo los Límites Máximos Permisibles (LMP) los siguientes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Unidad</th> <th>LMP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO</td> <td>mg/l</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>DQO</td> <td>mg/l</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>SST</td> <td>ml/l</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table> <p>Por lo tanto, W1 no puede ser considerado como una alternativa.</p>	Parámetro	Unidad	LMP	DBO	mg/l	100	DQO	mg/l	200	SST	ml/l	150	NO
Parámetro	Unidad	LMP													
DBO	mg/l	100													
DQO	mg/l	200													
SST	ml/l	150													
W2	Instalaciones de tratamiento de aguas residuales aerobias (por ejemplo, tratamiento de lodos activados o filtro de tipo cama).	SEDAPAL podría considerar instalaciones de aguas residuales aerobias (tratamiento por lodos activados), por estar estipulado su diseño en la Norma OS.90 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones.	SI												

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		Por lo tanto, W2 puede ser considerado como una alternativa.	
W3	Sistema existente de lagunas anaeróbicas abiertas sin recuperación de metano ni quemado.	Este tipo de PTAR han generado impactos negativos en los pobladores de las habilitaciones que se encuentran alrededor de la PTAR, por las emisiones de gases (SO ₂) mal orientes, que no permiten la vivencia en tales lugares y por su reducida eficiencia este tipo de planta ha sido considerado como un sistema existente que debe ser modificado. Por lo tanto, W3 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
W4	Sistema existente de lagunas anaeróbicas abiertas con recuperación de metano y quemado.	Ningún sistema de lagunas anaeróbicas abiertas con recuperación de metano y quemado existe en la ciudad de Lima (Paso 4 Análisis de la práctica común). Por lo tanto, W4 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
W5	Sistema existente de lagunas anaeróbicas abiertas con recuperación y utilización de metano para la generación de energía.	Ningún sistema de lagunas anaeróbicas abiertas con la recuperación y utilización del metano para la generación de energía existe en la ciudad de Lima (Paso 4 -. Análisis de la práctica común). Por lo tanto, W5 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
W6	Construcción de un nuevo sistema	La implementación de un nuevo sistema que anaerobio de lagunas abiertas sin	SI

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
	anaeróbico de lagunas abiertas sin recuperación de metano ni quemado.	<p>recuperación de metano ni quemado es una opción que puede ser considerado como una alternativa a la actividad de proyecto por tratar aguas residuales de tipo doméstico e industrial con altas concentraciones, este tipo de tratamiento se ajusta a las aguas residuales que existe en la ciudad de Lima (aguas residuales de tipo doméstico e industrial). De este tipo existe 4 lagunas (lagunas de oxidación) ubicados en los distritos de Lurín (01), Punta Hermosa (01), Pucusana (01) y Ancón (01).</p> <p>SEDAPAL podría considerar la construcción de estas lagunas, por estar estipulado su diseño en la Norma OS.90 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones.</p> <p>Por lo tanto, W6 puede ser considerado como una alternativa.</p>	
W7	Construcción de un nuevo sistema anaeróbico de lagunas abiertas con recuperación de metano y quemado.	Como se describe en W6, la implementación de un nuevo sistema que se construirá lagunas abiertas con recuperación de metano y quemado es una opción. Pero a ello le sumamos que cubriremos las lagunas con una membrana para capturar el metano, no tendría un sentido financiero y solo encarecería el proyecto.	NO

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		Por lo tanto, W7 no puede ser considerado una alternativa.	
W8	Construcción de un nuevo sistema de lagunas anaerobias abiertas con recuperación de metano y utilización para la generación de energía.	<p>Como se menciona en W6 y W7, aunque la implementación de un nuevo sistema de lagunas abiertas que se construirá es una opción y la captura de metano es técnicamente factible. La generación de energía se daría utilizando el metano recuperado. La decisión de inversión no parte de generar y vender este tipo de energía a la red, no habría incentivo para hacerlo, teniendo en cuenta que los costos altos de inversión no han sido cubiertos con la venta de energía.</p> <p>Por lo tanto, W8 no puede ser considerado una alternativa.</p>	NO
W9	Digestor anaeróbico sin recuperación de metano ni quemado.	<p>Aunque técnicamente factible, un digestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales provoca una carga financiera considerable y mantenimientos costosos. W9 no puede ser considerado una opción, por razones económicas.</p> <p>Por lo tanto, W9 no puede ser considerado una alternativa.</p>	NO
W10	Digestor anaeróbico con recuperación de metano y quemado.	<p>Aunque técnicamente factible, un digestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales provoca una carga financiera considerable y trabajosos mantenimientos. W10 no puede ser considerado una opción, basada en razones económicas. Hoy en día, los digestores anaerobios de</p>	NO

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		<p>aguas residuales se aplican normalmente en cantidades pequeñas unidades industriales de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Por lo tanto W10 no puede ser considerado una alternativa.</p>	
W11	Digestor anaeróbico con recuperación de metano y la utilización de la energía o la generación de calor.	<p>En ausencia de la actividad del proyecto, SEDAPAL podría considerar el tratamiento de las aguas residuales en un digestor anaeróbico con recuperación de metano y la utilización de la electricidad o la generación de calor. Sin embargo, los costos de inversión y operación de esta tecnología son demasiado altos para ser económicamente razonable. Hoy en día, los digestores anaerobios de aguas residuales se aplican normalmente en unidades de pequeñas cantidades industriales de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Por lo tanto W11 no puede ser considerado una alternativa.</p>	NO

Cuadro N° 6.5: Identificación de alternativas de escenarios – Lodos

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
S1	El lodo habría sido dejado en abandono.	De acuerdo a la normativa vigente ¹² , se requiere realizar a los lodos producto del tratamiento de las aguas residuales un tratamiento previo, con la finalidad que el Autoridad Nacional de Agua (ANA)	NO

¹² Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		<p>autorice el vertimiento del agua residual tratada, siendo esta actividad (tratamiento de lodos) exigencia en todas las PTARs y según la Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, se explica cómo se calcula el volumen de los lodos en las diferentes unidades de la PTAR y como se debería tratar.</p> <p>Por lo tanto, S1 no puede ser considerado una alternativa.</p>	
S2	<p>El lodo que se ha dejado secar bajo condiciones controladas y aeróbicas, dispuestas en un relleno sanitario con recuperación de metano o para el uso de aplicaciones en el suelo.</p>	<p>Esta opción es factible para las alternativas de tratamiento de aguas residuales determinados W2 y W6, por ello SEDAPAL consideraría esta opción como elegible para la actividad del proyecto, considerando un tratamiento al lodo mediante un secado bajo condiciones controladas y aeróbicas y dispuestas a un relleno sanitario con recuperación de metano o para el uso de aplicaciones en el suelo.</p> <p>Por lo tanto, S2 puede ser considerado una alternativa.</p>	SI
S3	<p>Eliminación de lodos en pozas de lodos bajo condiciones claramente anaeróbicas.</p>	<p>De acuerdo a la normativa vigente¹³, se requiere realizar a los lodos producto del tratamiento de las aguas residuales un tratamiento previo, por lo tanto los lodos deben ser tratados con la finalidad que se evite la contaminación de los mismos sobre el medio ambiente.</p>	NO

¹³Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		<p>La eliminación de los lodos en pozas de lodos bajo condiciones claramente anaeróbicas no puede ser considerado por SEDAPAL.</p> <p>Por lo tanto, S3 no puede ser considerado una alternativa.</p>	
S4	Aplicación de lodos en el suelo.	<p>Del mismo que las alternativas anteriores, según a la normativa vigente¹⁴, el lodo es un producto de desecho y por lo tanto debe ser tratada de manera que impida que los residuos tengan un impacto nocivo sobre el medio ambiente.</p> <p>La aplicación al suelo de los lodos no puede ser considerado por SEDAPAL.</p> <p>Por lo tanto, S4 no puede ser considerado una alternativa.</p>	NO
S5	Compostaje.	<p>Debido a la presencia de efluentes industriales en las aguas residuales tratadas, SEDAPAL no puede considerar esta opción.</p> <p>Por lo tanto, S5 no puede ser considerado una alternativa.</p>	NO
S6	Mineralización.	<p>La opción se ajusta a la normativa vigente⁹, y podría ser considerado por SEDAPAL para W2 y W6, en ausencia de la actividad del proyecto, sin embargo, esta tecnología es costosa. Además, esta solución implica un consumo adicional de</p>	NO

¹⁴ Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		energía. No es posible para SEDAPAL aplicar esta opción. Por lo tanto, S6 no puede ser considerado como una alternativa.	
S7	Eliminación de lodo en un relleno sanitario, sin captura de gas en el relleno sanitario.	Esta opción no se ajusta a la normativa vigente ¹⁵ . SEDAPAL no puede, en consecuencia, considerar esta opción como alternativa en ausencia de la actividad del proyecto. Por lo tanto, S7 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
S8	Eliminación de lodo en un relleno sanitario, con captura de gas y quemado en el relleno sanitario.	Esta opción no se ajusta a la normativa vigente ¹⁰ , por requerirse un tratamiento al lodo para estabilizarlo con la finalidad que no afecte la salud de los operarios que trasladen el lodo hacia un relleno sanitario, en consecuencia SEDAPAL no puede considerar esta opción una alternativa en ausencia de la actividad del proyecto. Por lo tanto, S8 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
S9	Eliminación de lodo en un relleno sanitario, con captura de biogás y su utilización para la generación de energía en el relleno sanitario.	Esta opción no se ajusta a la normativa vigente ¹⁰ , toda vez de requerirse un tratamiento a los lodos antes de su disposición final. En consecuencia SEDAPAL no puede considerar esta opción una alternativa en ausencia de la actividad del proyecto. Por lo tanto, S9 no puede ser considerado	NO

¹⁵ Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		como una alternativa.	
S10	Digestión anaerobia sin recuperación de metano.	La puesta en marcha de la digestión anaeróbica sin recuperación de metano ni producción de energía, que pudiera darse mediante la recuperación del metano generado, presenta altos costos de inversión que no pueden ser amortizados. Además, las emisiones de metano no se reducen. Esta opción no es viable tanto económicamente y ecológicamente. Por lo tanto, S10 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
S11	Digestión anaeróbica con recuperación de metano y quemado.	La aplicación de la digestión anaeróbica con recuperación de metano pero sin producción de energía, que pudiera darse utilizando el metano recuperado, presenta altos costos de inversión que no puede ser amortizado a lo largo del periodo de diseño del sistema de tratamiento. Esta opción no es viable económicamente. Por lo tanto, S11 no puede ser considerado como una alternativa.	NO
S12	Digestión anaerobia con recuperación de metano y utilización para generación de energía.	SEDAPAL podría considerar la digestión anaerobia con la recuperación y utilización del metano para la generación de energía como una opción, toda vez que los altos costos de inversión para la tecnología son parcialmente abatibles a través de los ingresos provenientes del reemplazo o venta de electricidad de la red nacional. Sin embargo, esta opción sólo se podría aplicar para W2, ya que W2 regularmente	SI

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
		<p>genera lodos que pueden ser digeridos. En W6, los lodos están disponibles para la digestión por periodos de cada 4 a 5 años. Por ello la implementación de esta opción para W6 implicaría altos costos de inversión sin poder ser reducidos por los ingresos de producción de energía, por no producirse el metano suficiente en el digestor (volúmenes mínimos del combustible "Metano").</p> <p>Por lo tanto, S12 puede ser considerado como una alternativa.</p>	

Cuadro N° 6.6: Identificación de alternativas de escenarios – Electricidad

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
E1	Generación de electricidad con combustibles fósiles en una planta de energía cautiva.	<p>Esta opción podría ser considerada por SEDAPAL como la electricidad para una combinación (W6-S2) la misma que sería alimentado de la red. Está energía es generada en una planta de energía cautiva que opera con combustibles fósiles.</p> <p>Por lo tanto, E1 no puede ser considerado como una alternativa.</p>	NO
E2	Generación de electricidad en la red.(Energía generada en Centrales Hidroeléctricas)	La generación de electricidad en la red podría ser considerada por SEDAPAL en el caso de las dos combinaciones W2-S12 y W6-S2. Por lo tanto, E2 puede ser considerado como una alternativa.	SI
E3	Generación de electricidad usando fuentes de energía	Para W6-S2 no se genera electricidad utilizando fuentes de energía renovables, por no haber una fuente como tal	SI

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
	renovables.	<p>disponible en este escenario.</p> <p>W2-S12 permitiría implementar esta opción (uso de energía renovable: el biogás producido por los lodos en los digestores se considera como una energía renovable y se utiliza para producir calor y electricidad), pero solamente para una parte de su consumo. La electricidad producida a través del biogás no sería suficiente para abastecer a toda la PTAR. La otra parte de la electricidad se suministra por la red.</p> <p>Por lo tanto E3, puede ser considerado como una alternativa solamente para W2/S12 (energía producida en el sitio).</p>	

Cuadro N° 6.7: Identificación de alternativas de escenarios – Calor

Opción	Descripción	Credibilidad	Conclusión
H1	Generación de calor utilizando combustibles fósiles en una planta de cogeneración cautiva.	<p>Para el escenario W6-S2-E1/E2 no se requiere calor.</p> <p>El calor sería necesario en la combinación W2-S12-E2 pero, en esta combinación, se produce usando una fuente de energía renovable.</p> <p>Por lo tanto, H1 no puede ser considerado como una alternativa.</p>	NO
H2	Generación de calor utilizando combustibles fósiles en una caldera.	<p>De la misma forma como se sustentó en H1, ninguna combinación requiere calor proveniente de combustibles fósiles.</p> <p>Por lo tanto, H2 no puede ser considerado como una alternativa.</p>	NO
H3	Generación de calor	El calor se genera utilizando una fuente de	SI

	usando fuentes de energía renovables.	energía renovable como la que se obtiene en la combinación W2-S12-E2/E3. La combinación W6-S2-E1/E2 no requiere calor. Por lo tanto, H3 puede ser considerado como una alternativa.	
--	---------------------------------------	---	--

Cuadro N° 6.8: Alternativas Identificadas

Alternativa	Agua residual/Lodo /Electricidad/Calor	Descripción
1	W2-S12-E2/E3-H3	Instalaciones de tratamiento de aguas residuales aerobias (por ejemplo, tratamiento de lodos activados, etc.), siendo los lodos digeridos en un digester anaerobio con recuperación de metano y utilizados para generar energía y calor. La energía requerida para el funcionamiento de la PTAR proviene de la red y de la cogeneración (electricidad y calor).
2	W6-S2-E1/E2	Construcción de un nuevo sistema anaeróbico de lagunas abiertas sin recuperación de metano ni quemado, siendo los lodos dejados a secar bajo condiciones controladas y aeróbicas, los mismos que son dispuestos en un relleno sanitario controlado. La electricidad se obtiene de la red.

Paso 2: Análisis de Barreras

La Alternativa 1 presenta barreras tales como:

- . Barreras tecnológicas: relacionados a la dificultad de adquisición de los equipos como; cogeneración, digester anaerobio, entre otros que no se encuentran en el mercado local.

- . Barreras de prácticas usuales: en el Perú no hay ninguna PTAR que trate los lodos con digestores anaeróbicos y que recuperen metano para luego ser llevados a un equipo de cogeneración que permite obtener energía y calor.

La Alternativa 2 no presenta barreras, tanto tecnológicas como de prácticas usuales y/o políticas actuales, toda vez que es un sistema convencional de lagunas y operación conocida para los técnicos e ingenieros que estarán a cargo de la operación y mantenimiento de la PTAR. Además en la actualidad no hay ninguna política que impida la construcción de este sistema convencional de lagunas.

Por ello se considera que la ALTERNATIVA 2 (**ESCENARIO LINEA BASE**) es el ESCENARIO MÁS RECOMENDADO EN AUSENCIA DEL MDL.

Paso 3: Análisis de Inversión

Se considera que el análisis de inversión toma en cuenta el atractivo económico de las alternativas identificadas. Por ello, considerando el costo del agua tratada, el costo de operación y mantenimiento y por último el costo de inversión (proyecto y obra), se concluye que la ALTERNATIVA 2 es MENOS COSTOSA que la ALTERNATIVA 1, por presentar este último tecnologías de vanguardia y de operación no conocida en el Perú, hablando puntualmente del tratamiento de los lodos y el sistema de producción de calor y energía.

En consecuencia SEDAPAL elige la ALTERNATIVA 2 (**ESCENARIO LINEA DE BASE**) por ser de menor costo, “Construcción de un nuevo sistema anaeróbico de lagunas abiertas si recuperación de metano y dejado los lodos a secar bajo condiciones controladas y aeróbicas para luego ser dispuestas en un relleno sanitario con recuperación de metano”, y se considera la misma como el ESCENARIO MÁS RECOMENDADO EN AUSENCIA DEL MDL.

La **ALTERNATIVA 1** se descarta por no ser la opción más atractiva financieramente hablando y de acuerdo al Anexo 13 de EB61 “Directrices sobre la evaluación de análisis de inversiones” versión 4, sería el **ESCENARIO DEL PROYECTO** por ser el menos atractivo respecto a alguna alternativa que pudiera haber elegido el participante para su inversión.

Paso 4: Análisis de la práctica más Común

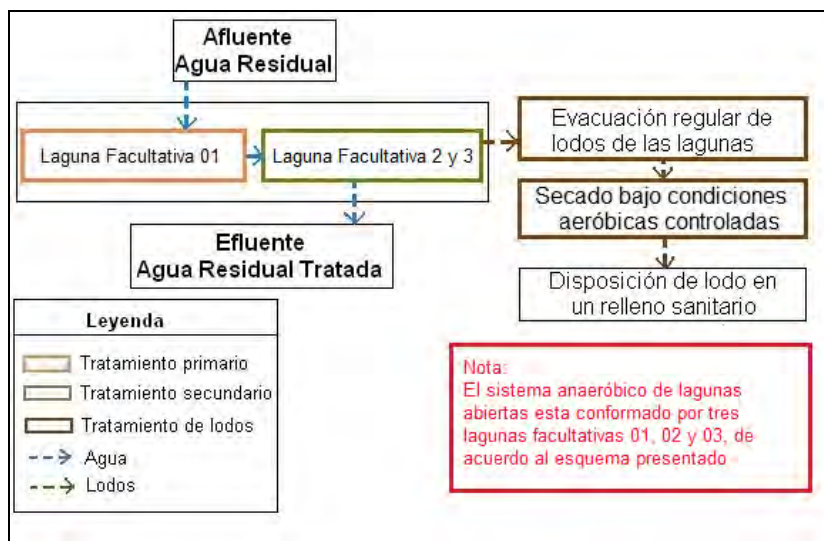
Una evaluación de la práctica actual llevado a cabo sobre la base de la información recopilada del Anuario de SEDAPAL, concluye que en Lima Metropolitana y Callao hay 5 plantas de Lagunas anaerobias – aerobias que operan de las 18 PTAR existentes, por ello decimos que es común la operación y mantenimiento de este sistema convencional de tratamiento, debido a su menor costo en comparación a cualquier otra tecnología; en consecuencia se considera que la ALTERNATIVA 2 (**ESCENARIO LINEA BASE**) es el ESCENARIO MÁS RECOMENDADO EN AUSENCIA DEL MDL.

6.3.5. Descripción de cómo las emisiones antropogénicas de GEI por la fuentes son reducidas por debajo de aquellas que ocurrirían en la ausencia de la actividad de proyecto MDL (evaluación y demostración de adicionalidad)

La adicionalidad ha sido evaluado y demostrado en el punto 6.3.4 “Descripción de cómo el escenario Línea Base es identificado y descripción del escenario Línea Base identificado”, basado en la herramienta metodológica "Herramienta combinada para identificar el escenario Línea Base y demostrar la adicionalidad" (versión 03.0.1) y la metodología AM0080 "Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el tratamiento de aguas residuales haciendo uso de plantas de tratamiento aeróbico de aguas residuales"(versión 01).

Del análisis realizado en el punto 6.3.4, se identifica como **ESCENARIO LÍNEA BASE** la **ALTERNATIVA 2** (Construcción de un nuevo sistema anaeróbico de lagunas abiertas sin recuperación de metano ni quemado, siendo los lodos dejados a secar bajo condiciones controladas y aeróbicas, los mismos que son dispuestos en un relleno sanitario controlado y la electricidad se obtiene de la red), y para su mejor entendimiento se muestra el Gráfico N° 6.1 del sistema de tratamiento tanto para el agua residual como para el lodo generado. Se resalta que el sistema de tratamiento anaeróbico está conformado por lagunas facultativas.

Gráfico N° 6.1: Diagrama del escenario Línea Base



En marcándonos en el escenario línea base, las emisiones de gases de efecto invernadero son las siguientes:

Cuadro N° 6.9: Tipo de emisiones de GEI en el Escenario Línea Base

GEI	Origen
CH ₄	Tratamiento de las aguas residuales en el sistema anaeróbico de las lagunas abiertas.
CO ₂	Generación de electricidad cogenerada en la actividad del proyecto ¹⁶

El **ESCENARIO DEL PROYECTO** tendría la siguiente configuración: Instalación de un sistema de lodos activados para el tratamiento de las aguas residuales. Siendo los lodos obtenidos de los sedimentadores primarios y excedentes de los sedimentadores secundarios estabilizados en un digestor anaerobio con recuperación de metano, utilizando este gas (combustible) en un sistema de cogeneración para generar energía eléctrica y calor. La energía eléctrica

¹⁶ Esta energía cogenerada está incluido en el escenario Línea Base y, cuya magnitud (en MWh) es la energía que se hubiera requerido de la red en el escenario del proyecto, de esta manera solo se va considerar en el escenario del proyecto las emisiones que han sido producto del consumo de energía de la red (que es una parte de la energía demanda en la actividad del proyecto, porque la otra parte de energía ha sido atendida mediante energía cogenerada) y de otras emisiones no eléctricas propias de la actividad del proyecto.

requerida para el funcionamiento de la PTAR estaría atendida, tanto de la red eléctrica externa como del sistema de cogeneración.

La ejecución del **ESCENARIO DEL PROYECTO**, que se refiere a la actividad del proyecto, permitirá reducir las emisiones de GEI por el tratamiento de las aguas residuales. Siendo las únicas emisiones de GEI en el escenario del proyecto las siguientes:

Cuadro N° 6.10: Tipo de emisiones de GEI en el Escenario del Proyecto

GEI	Origen
CH ₄	Tratamiento de las aguas residuales.
CH ₄	Digestión de los lodos.
CO ₂	Consumo de electricidad de la red.
CO ₂	Transporte de los lodos.

En conclusión el proceso de tratamiento aeróbico en el escenario del proyecto evita la generación de metano proveniente del tratamiento de las aguas residuales, aquellas que si se hubieran presentado en el escenario línea base.

Respecto a las emisiones provenientes del consumo de energía se resalta que en el escenario del proyecto esta energía es suministrada por dos fuentes: la red nacional y la producción de electricidad mediante cogeneración propia, siendo esta última energía no contaminante.

En relación a los lodos producidos en el escenario Línea Base se entiende por el tipo de tratamiento que estas son mínimas y son evacuadas aproximadamente cada año. Mientras que en la actividad del proyecto se produce volúmenes de lodos considerables que deben ser evacuados diariamente. Cabe expresar que estos lodos previamente han sido digeridos (el lodo pierde su potencial de generación de metano por el tratamiento anaeróbico que es expuesto) y en consecuencia se emitirían pequeñas emisiones de dióxido de carbono debido al transporte del lodo a un relleno sanitario controlado.

Por lo tanto el **ESCENARIO DEL PROYECTO** se considera como **ADICIONAL** al plantear que mediante su implementación (utilización de tecnología) se mitiga y reduce los gases de efecto invernadero.

6.3.6. Reducción de emisiones de GEI

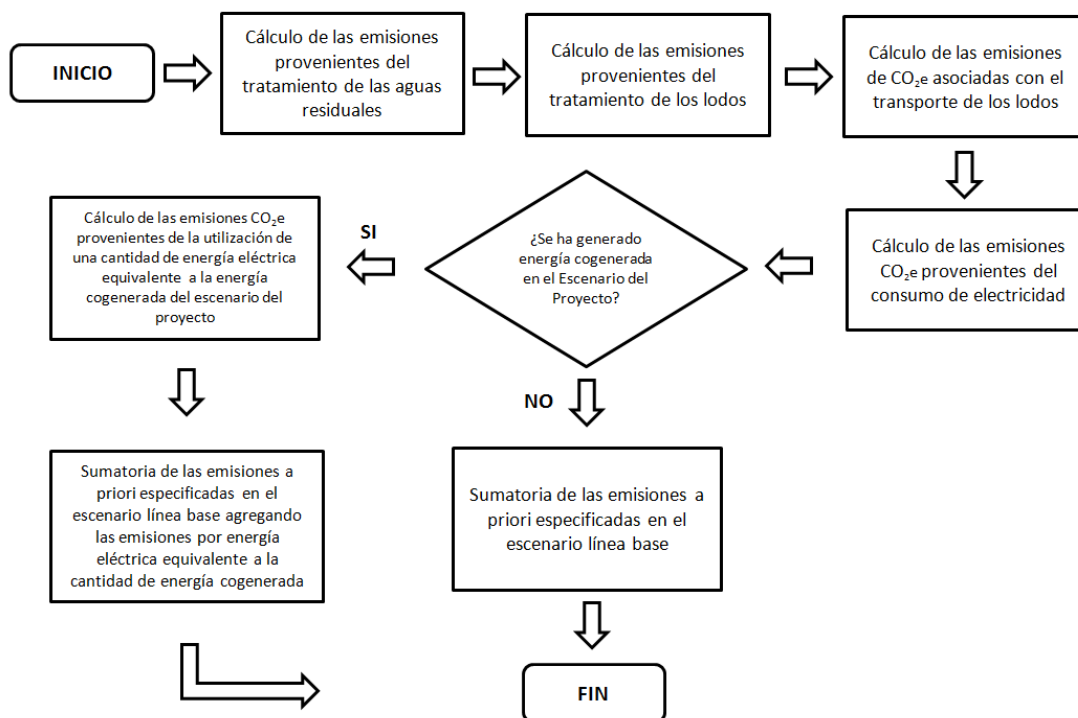
6.3.6.1. Explicación de metodología seleccionada

EMISIONES DE LA LÍNEA BASE

El presente Flujograma (Grafico N° 6.2), considera que se debe estimar las emisiones de GEI provenientes del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas facultativas, del tratamiento de los lodos (que en este caso es significativo por tratarse en condiciones aeróbicas), por el transporte de los lodos, por las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica (en este escenario el consumo de energía es insignificante) y por último por producirse energía cogenerada en el escenario del proyecto, se debe considerar esta energía como energía eléctrica de la red pública, con el fin de sumar estas emisiones equivalentes en el escenario Línea Base.

Posteriormente se explica las ecuaciones de la metodología elegida para la estimación a priori de emisiones de GEI.

Grafico N° 6.2: Flujograma del Escenario Línea Base



AM0080 ofrece las siguientes ecuaciones para el cálculo de las emisiones del escenario línea base:

$$BE_y = BE_{CH4,ww,y} + BE_{CH4,sl,y} + BE_{EL,y} + BE_{TR,sl,y}$$

Dónde:

BE_y = Emisiones de la Línea Base en el año y (tCO₂e/año)

$BE_{CH4,ww,y}$ = Emisiones de metano en la línea base provenientes del tratamiento de las aguas residuales en el año y (tCO₂e/año)

$BE_{CH4,sl,y}$ = Emisiones de metano en la línea base provenientes del tratamiento de los lodos en el año y (tCO₂e/año)

$BE_{EL,y}$ = Emisiones de CO₂e en la línea base provenientes del consumo de electricidad en el año y (tCO₂/año)

$BE_{TR,sl,y}$ = Emisiones de CO₂e en la línea base asociadas con el transporte de los lodos en el año y (tCO₂/año)

Cálculo de las emisiones de la Línea Base provenientes del tratamiento de las aguas residuales ($BE_{CH4,ww,y}$)

$$BE_{CH4,ww,y} = GWP_{CH4} \times B_o \times COD_{BL,ww,y} \times MCF_{BL,ww,y}$$

Dónde:

$BE_{CH4,ww,y}$ = Emisiones de metano en la línea base provenientes del tratamiento de las aguas residuales en el año y (tCO₂e/año)

GWP_{CH4} = Potencial de Calentamiento Global del metano válido para el período de compromiso (tCO₂e/tCH₄)

B_o = Capacidad máxima de producción de metano de las aguas residuales, que expresa la cantidad máxima de CH_4 que puede ser producido a partir de una cantidad dada de la Demanda Química de Oxígeno ($tCH_4/tCOD$).

$COD_{BL,ww,y}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno que debería ser tratada (degradada) en el escenario Línea Base en el año y ($tCOD/año$).

$MCF_{BL,ww,y}$ = Factor promedio de corrección de metano de la Línea Base en el año y , representando la fracción de la carga orgánica que se degradaría a CH_4 en el escenario Línea Base (fracción).

Determinación de la $COD_{BL,ww,y}$

$$COD_{BL,ww,y} = AD_{BL} \times COD_{PJ,WW}$$

Dónde:

$COD_{BL,ww,y}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno que debería tratarse (COD degradada) en el escenario Línea Base en el año y ($tCOD/año$)

AD_{BL} = Factor de ajuste del efluente que expresa el porcentaje de COD que se degrada en las lagunas abiertas debido a la ausencia del proyecto (fracción).

$COD_{PJ,ww,y}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en la actividad de proyecto en el año y ($tCOD/año$)

Determinación de la $COD_{PJ,ww,y}$

$$COD_{PJ,ww,y} = \sum_{m=1}^{12} Q_{PJ,ww,m} \times W_{PJ,COD,ww,m}$$

Dónde:

$COD_{PJ,ww,y}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en la actividad de proyecto en el año y (tCOD/año)

$Q_{PJ,ww,m}$ = Cantidad de aguas residuales que se trata en la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbicos en la actividad del proyecto en el mes m (m^3)

$W_{PJ,COD,ww,m}$ = Promedio de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbicos en la actividad de proyecto en el mes m (tCOD/ m^3)

m = Meses del año y del período de acreditación

Determinación AD_{BL}

$$AD_{BL} = 0.89 \times \left(1 - \left(\frac{COD_{BL,out,x}}{COD_{BL,in,x}} \right) \right)$$

Dónde:

AD_{BL} = Factor de ajuste del efluente que expresa el porcentaje de COD degradada en las lagunas abiertas debido a la ausencia del proyecto (fracción).

$COD_{BL,out,x}$ = COD del efluente de las lagunas abiertas en el escenario Línea Base en el período x

$COD_{BL,in,x}$ = COD del afluente en las lagunas abiertas en el escenario Línea Base para el período x

x = Período histórico de referencia representativo (al menos un año)

Determinación de $MCF_{BL,ww,y}$

La cantidad de metano generado a partir COD dispuesto a la laguna abierta depende principalmente de la temperatura y la profundidad de la laguna. En consecuencia, el factor de corrección de metano se calcula sobre la base de un factor $f_{BL,d}$, expresando la influencia de la profundidad de la laguna en la generación de metano, y un factor de $f_{BL,T,y}$ expresando la influencia de la temperatura en la generación de metano. Además, un coeficiente de ajuste prudente de 0,89 se aplica para dar cuenta de la incertidumbre asociada con este enfoque $MCF_{BL,ww,y}$, que se calcula como sigue:

$$MCF_{BL,ww,y} = f_{BL,d} \times f_{BL,T,y} \times 0.89$$

Dónde:

$MCF_{BL,ww,y}$ = Factor promedio de corrección de metano en el año y , representando la fracción de la carga orgánica que podría ser degradada a CH_4 en el escenario Línea Base (fracción)

$f_{BL,d}$ = Factor que expresa la influencia de la profundidad de las lagunas en la generación de metano (fracción)

$f_{BL,T,y}$ = Factor que expresa la influencia de la temperatura en la generación de metano en el año y (fracción)

0.89 = Factor de incertidumbre

Para efecto de las estimaciones ex-ante se utilizará el valor $MCF_{BL,ww,y}$ recomendado por el IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, y expuesto en el Cuadro B (Factor promedio de corrección de metano) - Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco – 2010.

Cálculo de las emisiones en la Línea Base provenientes del tratamiento de los lodos ($BE_{CH_4,sl,y}$)

Según lo especificado en las condiciones del escenario Línea Base, el lodo producido en el tratamiento de las aguas residuales mediante el sistema de

lagunas abiertas, se habría realizado por un medio de secado controlado en condiciones aeróbicas y después dispuestas en un relleno sanitario con recuperación de metano, en consecuencia se considera que las emisiones de metano ($BE_{CH_4,sl,y}$) son insignificantes y no se contabilizan, pero para conocimiento, se expone como se hubiera calculado las emisiones provenientes del tratamiento de lodos en el caso de producirse:

$$BE_{CH_4,sl,y} = \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4} \times F \times DOC_F \times MCF_{BL,sl} \times DOC_{BL,sl} \times Q_{BL,sl,y}$$

Dónde:

$BE_{CH_4,sl,y}$ = Emisiones de metano en la línea base provenientes del tratamiento de los lodos en el año y (tCO₂e/año)

$16 / 12$ = Relación entre la masa molar de metano y la masa molar de carbono

GWP_{CH_4} = Potencial de Calentamiento Global del metano válido para el período de compromiso (tCO₂e/tCH₄)

F = Fracción de metano en el gas. Valor por defecto del IPCC de 0,5 debería ser utilizada (fracción)

DOC_F = Fracción de contenido orgánico degradable en el biogás. El valor por defecto del IPCC es de 0,5 debería ser utilizada (fracción)

$MCF_{BL,sl}$ = Factor de conversión de metano para el sitio donde los lodos habrían sido dispuestos en la Línea Base (fracción). Según el IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, y expuesto en el Cuadro E (Factor promedio de corrección de metano) - Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco – 2010, el valor recomendado es de 1.

$DOC_{BL,sl}$ = Contenido orgánico degradable de los lodos que se han producido en el escenario Línea Base en el año y . Valores por defecto del IPCC deben ser utilizadas: 0,05 para los lodos domésticos (base húmeda, considerando un contenido predeterminada de materia seca de 10%) y 0,09 para lodos industriales (base húmeda, asumiendo el contenido en materia seca del 35%) (fracción)

$Q_{BL,sl,y}$ = La cantidad de lodo que se han producido y tratados en el escenario Línea Base en el año y (toneladas/año)

Determinación de $MCF_{BL,sl}$

El factor de conversión de metano promedio de lodos en la Línea Base, debe ser determinado de acuerdo con las orientaciones contenidas en el IPCC Directrices de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. La misma se proporciona a continuación en el Cuadro N° 6.11.

Cuadro N° 6.11: Factor de conversión de metano

Tipo de sitios de disposición	$MCF_{BL,sl}$
Sitios de disposición de residuos sólidos gestionados anaeróbicamente- Estos deben tener un control en la colocación de los residuos (es decir, residuos dirigido a la zona de disposición específico, un grado de control de la compactación y un grado de control de incendios) y se incluyen al menos uno de los siguientes: (i) Material de cobertura, (ii) compactación mecánica, (iii) Nivelación de los residuos.	1.0
Sitios de disposición de residuos sólidos gestionados semi anaeróbicamente.- Estos deben haber controlado la colocación de los residuos y se incluyen todas las siguientes estructuras para la introducción de aire a la capa de los residuos capa: (i) material de cubierta permeable, (ii) sistema	0.5

Tipo de sitios de disposición	$MCF_{BL,sl}$
de drenaje de lixiviado; (iii) Regulación de almacenamiento de agua (iv) sistema de ventilación de Gas.	
Sitios de disposición de residuos sólidos no gestionados (profunda y/o con alto nivel freático)- Esto compone a todos los sitios de disposición de residuos sólidos que no cumplan con los criterios de sitios de disposición de residuos sólidos y que tienen profundidades mayores o iguales a 5 metros y/o alto nivel freático a nivel del suelo cercano. Esta última situación corresponde a que las aguas continentales, tales como lagunas, ríos o humedales, son llenados por residuos.	0.8
Sitios de disposición superficial de residuos sólidos no gestionados- Comprende todos los sitios de disposición de residuos sólidos que no cumplan con los criterios de gestión para sitios de disposición de residuos sólidos y que tienen profundidades menos que 5 metros.	0.4
Sitios de disposición de residuos sólidos no categorizados- Sólo si los proponentes del proyecto no pueden categorizar los sitios de disposición de residuos sólidos en una categoría gestionados y no gestionados, el MCF para esta categoría puede ser utilizado.	0.4

Cálculo de las emisiones CO₂e en la Línea Base provenientes del consumo de electricidad ($BE_{EL,y}$)

Las emisiones en la Línea Base por el consumo de electricidad se calculan de la siguiente manera:

$$BE_{EL,y} = (EC_{BL,y} + EG_{PJ,y}) \times EF_{BL,EL,y}$$

Dónde:

$BE_{EL,y}$ = Emisiones de CO₂e en la línea base provenientes del consumo de electricidad en el año y (tCO₂/año) - consumo de energía eléctrica que es sustituido con energía cogenerada en el escenario del proyecto y/o el consumo de electricidad en el escenario línea base en el año y .

$EC_{BL,y}$ = Cantidad anual de la electricidad que se consume en el escenario Línea Base para el tratamiento de las aguas residuales (MWh)

$EG_{PJ,y}$ = Cantidad anual de electricidad cogenerada que se consume en el escenario del proyecto para el tratamiento de las aguas residuales y lodos (MWh)

$EF_{BL,EL,y}$ = Factor de emisión para la electricidad consumida en el escenario Línea Base y el escenario del proyecto en el año y (tCO₂/MWh)

y = Año del período de acreditación

De la ecuación presentada líneas arriba, se requiere para su desarrollo tener los MWh tanto para el escenario línea base " $EC_{BL,y}$ " como para el escenario del proyecto " $EG_{PJ,y}$ ".

Se especifica que para el escenario línea base, donde las aguas residuales se tratarían mediante lagunas abiertas (lagunas facultativas) sin aireación mecánica, y del entendimiento de la operación de este tipo de tratamiento, se considera que el consumo de energía es insignificante, resultando $EC_{BL,y} = 0$ MWh.

Y para la obtención del $EG_{PJ,y}$ este valor es igual a la cantidad de energía cogenerada a producir en el escenario del proyecto, cuyo combustible es el biogás, que resulta de la digestión de los lodos.

Determinación de $EF_{BL,EL,y}$

Para determinar el factor de emisión para la electricidad consumida en el escenario Línea Base y el escenario del proyecto, se debe considerar como input los siguientes escenarios:

Escenario A: Desplazamiento de la generación de electricidad en la red: La electricidad se suministra/comprada de la red solamente.

Escenario B: Desplazamiento de la electricidad a partir de planta (s) de energía cautiva (s) con combustible fósil y fuera de la red: Uno o más plantas de energía cautiva de combustibles fósiles para uso están instalados en el sitio de la fuente de consumo de electricidad. La planta de energía cautiva (s) no está/están conectado (s) a la red eléctrica. En la actividad de proyecto no se consume corriente de la red.

Escenario C: Desplazamiento de la electricidad de la red y planta de energía cautiva con combustible fósil

Para la determinación de $EF_{BL,EL,y}$ los tres escenarios correspondientes se encuentran en la última versión “Herramienta para calcular la Línea Base, proyecto y/o fugas de emisiones provenientes del consumo de electricidad”

Cálculo de las emisiones de CO₂e en la Línea Base asociadas con el transporte de los lodos ($BE_{TR,sl,y}$)

$$BE_{TR,sl,y} = \sum_i N_{BL,i,y} \times D_{BL,i,y} \times F_{BL,i,y} \times NCV_{BL,j,y} \times EF_{BL,j,y}$$

Dónde:

$BE_{TR,sl,y}$ = Emisiones de CO₂e en la línea base asociadas con el transporte de los lodos en el año y (tCO₂/año)

$N_{BL,i,y}$ = Número de viajes (vehículo de tipo *i* con capacidad de carga similar) para el transporte de los lodos producidos en el escenario Línea Base en el año y (viajes)

$D_{BL,i}$ = Distancia promedio por viaje recorrida por el vehículo de transporte de tipo *i* para el transporte de los lodos generados en el escenario Línea Base (km)

$F_{BL,i}$ = Consumo específico de combustible del vehículo de transporte de tipo *i* (unidades de masa o volumen de combustible/km)

- $NCV_{BL,j}$ = Valor calorífico neto para el transporte del combustible j (TJ/unidades de masa o de volumen)
- $EF_{BL,j}$ = Factor de emisión de CO₂ para el transporte del combustible j (tCO₂/TJ)
- i = Tipo de vehículo
- j = Tipo de combustible utilizado en vehículos
- y = Año del período de acreditación

Determinación de $N_{BL,i,y}$

El número de viajes del vehículo de transporte de tipo i se calcula como:

$$N_{BL,i,y} = \frac{Q_{BL,sl,y}}{q_{BL,i}}$$

Dónde:

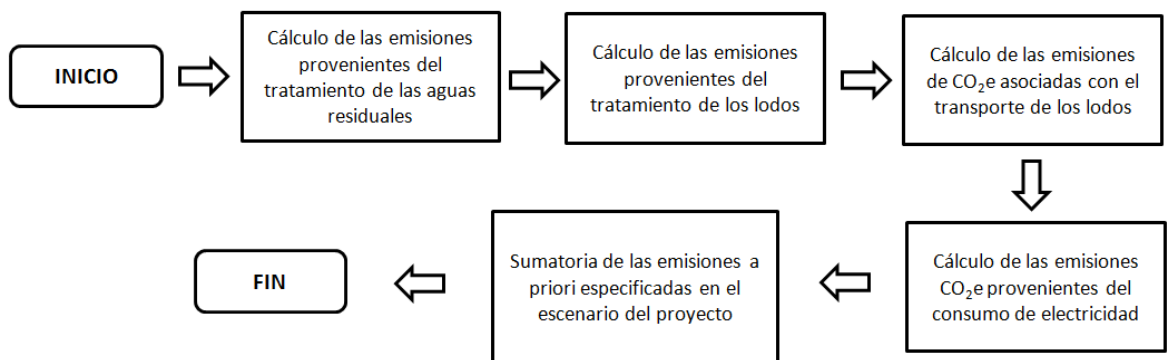
- $N_{BL,i,y}$ = Número de viajes (vehículo de tipo i con capacidad de carga similar) para el transporte de los lodos finales generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales en el escenario Línea Base en el año y (viajes)
- $Q_{BL,sl,y}$ = Cantidad de lodo producido y tratado en el escenario Línea Base en el año y (toneladas)
- $q_{BL,i}$ = Capacidad vehicular promedio del vehículo de transporte de tipo i (toneladas/viaje)
- y = Año del periodo de acreditación

EMISIONES DEL PROYECTO

El presente Flujograma (Grafico N° 6.3), considera que se debe estimar las emisiones de GEI provenientes del: tratamiento de las aguas residuales en el sistema de lodos activados y de las emisiones del efluente, del tratamiento de los lodos (se considera solamente las fugas de CH₄ en el digestor anaeróbico), por el transporte de los lodos y por último de las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica de la red (considerando solamente la demanda de energía atendida por la red eléctrica).

Posteriormente se explica las ecuaciones de la metodología elegida, para la estimación a priori de emisiones de GEI.

Grafico N° 6.3: Flujograma del Escenario del Proyecto



AM0080 ofrece las siguientes ecuaciones para el cálculo de las emisiones del escenario del proyecto:

$$PE_y = PE_{CH_4,ww,y} + PE_{CH_4,sl,y} + PE_{N_2O,sl,y} + PE_{EL,y} + PE_{TR,sl,y}$$

Dónde:

PE_y = Emisiones del proyecto en el año y (tCO₂e/año)

$PE_{CH_4,ww,y}$ = Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de las aguas residuales en el año y (tCO₂e/año)

$PE_{CH_4,sl,y}$ = Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos en el año y (tCO₂e/año)

$PE_{N_2O,sl,y}$ = Emisiones de óxido nitroso en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos en el año y (tCO₂e/ año)

$PE_{EL,y}$ = Emisiones de CO₂e en el proyecto provenientes del consumo de electricidad en el año y (tCO₂e/año)

$PE_{TR,sl,y}$ = Emisiones de CO₂e en el proyecto asociadas con el transporte de los lodos en el año y (tCO₂/año)

Y = Año del periodo de acreditación

A continuación explicamos cada uno de los componentes de las emisiones del proyecto:

Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de las aguas residuales

($PE_{CH_4,ww,y}$)

$$PE_{CH_4,ww,y} = PE_{CH_4,wwtp,y} + PE_{CH_4,effl,y}$$

$PE_{CH_4,ww,y}$ = Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de las aguas residuales en el año y (tCO₂e/año)

$PE_{CH_4,wwtp,y}$ = Emisiones de metano procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en el año y , debido al funcionamiento inadecuado y/o sobrecarga (tCO₂e/ año)

$PE_{CH_4,effl,y}$ = Emisiones de metano debido a la presencia de carbono orgánico degradable en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en el año y (tCO₂e/ año)

De aquella expresión desprendemos dos formulaciones:

i) *Emisiones de metano procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia ($PE_{CH_4,wwtp,y}$)*

$$PE_{CH_4,wwtp,y} = \begin{cases} 0, & \text{if } OR_i \geq 0.8 \\ \sum_{i=1}^{365} GWP_{CH_4} \times B_o \times 0.4 \times (COD_{PJ,ww,i} - COD_{PJ,effl,i}) & , \text{if } OR_i < 0.8 \end{cases}$$

Donde

- $PE_{CH_4,wwtp,y}$ = Las emisiones de metano procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbicos en el año y debido al funcionamiento inadecuado y/o sobrecarga (tCO₂e/año)
- OR_i = Relación de oxidación, representa la relación entre la materia orgánica en la producción y la materia orgánica en la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en el día i del año y (fracción)
- GWP_{CH_4} = Potencial de Calentamiento Global del metano válido para el período de compromiso (tCO₂e/tCH₄)
- B_o = Capacidad máxima de producción de metano de las aguas residuales tratadas en el año y , que expresa la cantidad máxima de CH₄ que puede ser producido a partir de una cantidad de Demanda Química de Oxígeno (tCH₄/tCOD)
- 0.4 = Factor de conversión de metano (MCF) por defecto para plantas mal gestionadas (fracción)
- $COD_{PJ,ww,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento aeróbico en la actividad de proyecto en el día i del año y (tCOD)
- $COD_{PJ,effl,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la actividad de proyecto en el día i del año y (tCOD)

Determinación de la demanda química de oxígeno:

$$COD_{PJ,ww,i} = Q_{PJ,ww,i} \times W_{PJ,COD,ww,i}$$

$$COD_{PJ,effl,i} = Q_{PJ,effl,i} \times W_{PJ,COD,effl,i}$$

$COD_{PJ,ww,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento aeróbico en la actividad de proyecto en el día i

del año y (tCOD)

$Q_{PJ,ww,i}$ = Cantidad de aguas residuales que se trata en la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica en la actividad del proyecto en el día i del año y (m^3)

$W_{PJ,COD,ww,i}$ = Promedio de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobio en la actividad de proyecto en el día i del año y (tCOD/ m^3)

$COD_{PJ,effl,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la actividad del proyecto en el día i del año y (tCOD)

$Q_{PJ,effl,i}$ = Cantidad del agua residual que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbicos en la actividad del proyecto en el día i del año y (m^3)

$W_{PJ,COD,effl,i}$ = Promedio de la demanda de química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbicos en la actividad del proyecto en el día i del año y (tCOD/ m^3)

Determinación de la relación de oxidación:

$$OR_i = \frac{COD_{PJ,ww,i} - COD_{PJ,effl,i}}{COD_{PJ,ww,i}}$$

OR_i = Relación de oxidación, representa la relación entre la materia orgánica en la producción y la materia orgánica en la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en el día i del año y (fracción)

$COD_{PJ,ww,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el afluente de la planta de tratamiento aeróbico en la actividad de proyecto en el día i del año y (tCOD)

$COD_{PJ,effl,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la actividad de proyecto en el día i del año y (tCOD)

ii) *Emisiones de metano debido a la presencia de carbono orgánico degradable en el efluente ($PE_{CH_4,effl,y}$)*

$$PE_{CH_4,effl,y} = GWP_{CH_4} \times B_o \times MCF_{PJ,effl,y} \times \sum_{i=1}^{365} COD_{PJ,effl,i}$$

Dónde:

$PE_{CH_4,effl,y}$ = Emisiones de metano debido a la presencia de carbono orgánico degradable en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobia en el año y (tCO₂e/ año)

GWP_{CH_4} = Potencial de Calentamiento Global del metano válido para el período de compromiso (tCO₂e/tCH₄)

B_o = Capacidad máxima de producción de metano de las aguas residuales tratadas en el año y , que expresa la cantidad máxima de CH₄ que puede ser producido a partir de una cantidad de Demanda Química de Oxígeno (tCH₄/tCOD)

$MCF_{PJ,effl,y}$ = Factor promedio de conversión de metano en el año y , representando la fracción de la carga orgánica en el efluente que se degrada a CH₄ en el año y . El factor se basa en el tipo de tratamiento y de la vía de descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aerobio (fracción)

$COD_{PJ,effl,i}$ = Cantidad de la demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la actividad del proyecto en el día i del año y (tCOD)

Y = Año del periodo de acreditación

Determinación de $MCF_{PJ,effl,y}$

$$MCF_{PJ,effl,y} = f_{PJ,d,y} \times f_{PJ,T,y} \times 0.89$$

Dónde:

$MCF_{PJ,effl,y}$ = Factor promedio de conversión de metano en el año y , representando la fracción de la carga orgánica en el efluente que se degrada a CH₄ en el año y . El factor se basa en el tipo de tratamiento y de la vía de descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales

- aerobio (fracción)
- $f_{PJ,d,y}$ = Factor que expresa la influencia de la profundidad en la generación de metano en el año y
- $f_{PJ,T,y}$ = Factor que expresa la influencia de la temperatura en la generación de metano en el año y
- 0.89 = Factor de conservadurismo

Para el propósito de estimaciones ex - ante, se deberá considerar los valores por defecto del IPCC, para los factores de conversión de metano (MCF) de acuerdo a los diferentes tipos de tratamiento y disposición final.

Determinación de $f_{PJ,T,y}$

$$f_{PJ,T,y} = \frac{\sum_{m=1}^{12} f_{T,m} \times COD_{PJ,available,m}}{\sum_{m=1}^{12} Q_{PJ,effl,m} \times W_{PJ,COD,effl,m}}$$

Dónde:

- $f_{PJ,T,y}$ = Factor que expresa la influencia de la temperatura en la generación de metano en el año y
- $f_{T,m}$ = Factor que expresa la influencia de la temperatura en la generación de metano en el mes m
- $COD_{PJ,available,m}$ = Cantidad de demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica disponibles para la degradación en el mes m (tCOD)
- $Q_{PJ,effl,m}$ = La cantidad de agua residual que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica en la actividad del proyecto en el mes m del año y (m^3)
- $W_{PJ,COD,effl,m}$ = Promedio de la demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica en la actividad del proyecto en el mes m del año y (tCOD/ m^3)
- m = Meses del año y del período de acreditación

Determinación de $COD_{PJ,available,m}$

$$COD_{PJ,available,m} = Q_{PJ,effl,m} \times W_{PJ,COD,effl,m} + (1 - f_{T,m}) \times COD_{PJ,available,m-1}$$

Dónde:

$COD_{PJ,available,m}$ = Cantidad de demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica disponibles para la degradación en el mes m (tCOD)

$Q_{PJ,effl,m}$ = La cantidad de efluente que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica en la actividad del proyecto en el mes m del año y (m^3)

$W_{PJ,COD,effl,m}$ = Promedio de la demanda química de oxígeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica en la actividad del proyecto en el mes m del año y (tCOD/ m^3)

$f_{T,m}$ = Factor que expresa la influencia de la temperatura en la generación de metano en el mes m

m = Meses del año y del período de acreditación

Los cálculos de aplazamiento están limitados a un máximo de un año.

Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos ($PE_{CH_4,sl,y}$)

Como es de conocimiento, el lodo generado en el escenario del proyecto sería estabilizado *en un digestor anaeróbico nuevo (sistema de tratamiento), generando biogás que se utilizaría para generar energía eléctrica (que se emplearía para consumo eléctrico de la PTAR) y calor que se utilizaría en el digestor anaeróbico, también se obtendrían residuos sólidos (lodo desestabilizado) que pasarían por centrifugas para su deshidratación y posterior almacenamiento en contenedores abiertos. Finalmente los lodos serían dispuestos en un relleno sanitario controlado, por consiguiente las emisiones de metano estaría determinada por fugas de CH_4 en el digestor anaeróbico.*

Las emisiones procedentes de la combustión incompleta del biogás en el equipo de producción de electricidad y calor, se consideran insignificantes.

Por ello, se considera únicamente como emisiones de metano, provenientes del tratamiento de los lodos, aquellas fugas de CH₄ en el digestor anaeróbico, tal como se muestra a continuación:

$$PE_{CH_4,sl,y} = PE_{CH_4,digest,y} + PE_{CH_4,flare,y}$$

Dónde:

$PE_{CH_4,sl,y}$ = Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos en el año y (tCO₂e/ año)

$PE_{CH_4,digest,y}$ = Emisiones de metano provenientes de las fugas físicas de CH₄ en el digestor anaeróbico (tCO₂e/año)

$PE_{CH_4,flare,y}$ = Emisiones de metano provenientes de la combustión incompleta de biogás en el equipo de quemado de biogás en el año y (tCO₂e/año)

Emisiones de metano provenientes de las fugas físicas de CH₄ en el digestor anaeróbico. ($PE_{CH_4,digest,y}$)

$$PE_{CH_4,digest,y} = F_{biogas,y} \times FL_{biogas,digest} \times W_{CH_4,biogas,y} \times GWP_{CH_4} \times 0.001$$

Dónde:

$PE_{CH_4,digest,y}$ = Emisiones del proyecto por fugas físicas de metano del digestor anaeróbico (tCO₂e/año)

$F_{biogas,y}$ = La cantidad de biogás recolectado en la salida del digestor nuevo en el año y (m³)

$FL_{biogas,digest}$ = Fracción de biogás que se escapa de la digestión. Utilice el valor por defecto del IPCC de 0,05 m³ de biogás fugado/m³ de biogás producido (Directrices de 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5, Capítulo 4, página 4,4) (m³ de biogás fugado/m³ de biogás producido)

$W_{CH_4,biogas,y}$ = Concentración de metano en el biogás a la salida del digestor nuevo (kgCH₄/m³)

GWP_{CH_4} = Potencial de Calentamiento Global del metano válido para el período de compromiso (tCO₂e/tCH₄)

Emisiones de metano provenientes de la combustión incompleta de biogás en el equipo de quemado de biogás en el año y ($PE_{CH_4,flare,y}$)

Toda vez que en el escenario del proyecto no se contempla un sistema de quemado de biogás, se establece, que las emisiones relacionadas a este tipo serían 0, por lo tanto:

$$PE_{CH_4,flare,y} = 0$$

Emisiones de N₂O en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos en el año y ($PE_{N_2O,sl,y}$)

Cálculo de $PE_{N_2O,sl,y}$, si el lodo es tratado en un nuevo digester anaeróbico

Emisiones de óxido nitroso se supone que son insignificantes y no necesita ser consideradas si el lodo es:

- . Tratado en un digester anaerobio nuevo, siendo los residuos de la digestión anaerobia deshidratados, embolsados y almacenados antes de su disposición final en un vertedero controlado (relleno sanitario).

Por lo tanto:

$$PE_{N_2O,sl,y} = 0$$

Emisiones de CO₂e en el proyecto provenientes del consumo de electricidad ($PE_{EL,y}$)

Las emisiones en el proyecto por el consumo de electricidad se calculan de la siguiente manera:

$$PE_{EL,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{PJ,EL,y}$$

Dónde:

$PE_{EL,y}$ = Emisiones de CO₂e en el proyecto provenientes del consumo de electricidad en el año y (tCO₂e/año)

$EC_{PJ,y}$ = Cantidad anual de la electricidad que se consume en el escenario del proyecto (MWh), siendo esta energía aquella que no pudo ser reemplazada por energía cogenerada.

$EF_{PJ,EL,y}$ = Factor de emisión para la electricidad consumida en el escenario del proyecto en el año y (tCO₂/MWh)

y = Año del período de acreditación

De la ecuación presentada líneas arriba, se requiere para su desarrollo tener los MWh del $EC_{PJ,y}$, cuyo valor es la cantidad de energía restante que requiere el escenario del proyecto y que no ha podido ser reemplazada por la energía cogenerada producida.

Para el cálculo del factor de emisión $EF_{PJ,EL,y}$, se deberá utilizar la misma metodología que se presentó líneas arriba en el punto *EMISIONES DE LA LÍNEA BASE - Emisiones de la línea base provenientes del consumo de electricidad*.

Emisiones de CO₂e en el proyecto asociadas con el transporte de los lodos

($PE_{TR,sl,y}$)

$$PE_{TR,sl,y} = \sum_i N_{PJ,i,y} \times D_{PJ,i,y} \times F_{PJ,i,y} \times NCV_{PJ,j,y} \times EF_{PJ,j,y}$$

Dónde:

$PE_{TR,sl,y}$ = Emisiones de CO₂e en el proyecto asociadas con el transporte de los lodos en el año y (tCO₂/año)

$N_{PJ,i,y}$ = Número de viajes (vehículo de tipo i con capacidad de carga similar) para el transporte de los lodos producidos en la actividad del proyecto

en el año y (viajes)

$D_{PJ,i,y}$ = Distancia promedio por viaje recorrida por el vehículo de transporte de tipo i para el transporte de los lodos generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales en la actividad del proyecto en el año y (km)

$F_{PJ,i,y}$ = Consumo específico de combustible del vehículo de transporte de tipo i en el año y (unidades de masa o volumen de combustible/km)

$NCV_{PJ,j,y}$ = Valor calorífico neto para el transporte del combustible j en el año y (TJ/unidades de masa o de volumen)

$EF_{PJ,j,y}$ = Factor de emisión de CO₂ para el transporte del combustible j en el año y (tCO₂/TJ)

i = Tipo de vehículo

j = Tipo de combustible utilizado en vehículos

y = Año del período de acreditación

Determinación de $N_{PJ,i,y}$

El número de viajes del vehículo de transporte de tipo i se calcula como:

$$N_{PJ,i,y} = \frac{Q_{PJ,sl,y}}{q_{PJ,i}}$$

Dónde:

$N_{PJ,i,y}$ = Número de viajes (vehículo de tipo i con capacidad de carga similar) para el transporte de los lodos producidos en la actividad del proyecto en el año y (viajes)

$Q_{PJ,sl,y}$ = Cantidad de lodos producidos en la actividad del proyecto en el año y (toneladas)

$q_{PJ,i}$ = Capacidad vehicular promedio del vehículo de transporte de tipo i

(toneladas/viaje)

Fugas

Ninguna fuga es considerada en esta metodología

$$LE_y = 0$$

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones para un año determinado del período de acreditación se obtiene restando las emisiones del proyecto y las fugas a las emisiones de Línea Base:

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

Dónde:

ER_y = Reducciones de emisiones por ejecución del proyecto en el año y (tCO₂e/año)

BE_y = Emisiones de la Línea Base en el año y (tCO₂e/año)

PE_y = Emisiones del proyecto en el año y (tCO₂e/año)

LE_y = Emisiones por fugas en el año y (tCO₂e/año)

6.3.6.2. Datos y parámetros disponibles en la validación

Los siguientes parámetros son necesarios para la estimación a priori de las emisiones del Escenario Línea Base y las emisiones del Escenario del Proyecto (cuyos cálculos permitirán obtener la reducción de emisiones toda vez de ejecutarse la actividad del proyecto “Escenario del Proyecto”), siendo parámetros estándar establecidos por la UNFCCC a través de la Metodología aprobada AM0080 Línea Base y Monitoreo (Metodología denominada: Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el tratamiento de aguas residuales haciendo uso de plantas de tratamiento aeróbico de aguas residuales), y que permanecerán fijos durante todo el período de acreditación. Lo

explicamos a continuación utilizando cuadros que contienen varios campos que permitirán su entendimiento y utilización:

PARÁMETROS FIJOS PARA LA ESTIMACIÓN A PRIORI DE LAS EMISIONES DE LA LÍNEA BASE

- i) *Emisiones de metano de la Línea Base provenientes del tratamiento de las aguas residuales:*

Dato/Parámetro:	GWP_{CH_4}
Unidad del dato:	tCO ₂ e/tCH ₄
Descripción:	Potencial de Calentamiento Global del CH ₄
Fuente del dato utilizado:	Directrices del IPCC de 2006
Valor aplicado:	21
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Valor aplicado por defecto del IPCC.

Dato / Parámetro:	B_o
Unidad del dato:	tCH ₄ /tCOD
Descripción:	Capacidad de producción máxima de Metano de las aguas residuales, que expresa la cantidad máxima de CH ₄ que puede ser producido a partir de una cantidad de Demanda Química de Oxígeno promedio (COD)
Fuente del dato utilizado:	Directrices del IPCC de 2006
Valor aplicado:	0.21
Justificación de la elección del dato o descripción del métodos de medición y	No existen procedimientos de medición. Como se indica en la metodología AM0080, el

procedimientos actualmente aplicados:	valor por defecto del IPCC para B_o es de 0,25 $tCH_4/tCOD$. Sin embargo, teniendo en cuenta la incertidumbre de esta estimación, los participantes del proyecto deben utilizar un valor de 0,21 $tCH_4/tCOD$ como supuesto conservador de B_o .
---------------------------------------	---

Dato / Parámetro:	AD_{BL}
Unidad del dato:	Factor de ajuste del afluente en el escenario línea base, que expresa el porcentaje de COD que se degrada en las lagunas abiertas debido a la ausencia del proyecto.
Descripción:	Factor de ajuste
Fuente del dato utilizado:	Se calcula como: $0.89 \times (1 - COD_{out,x} / COD_{in,x}) = 0.89 \times (1 - (0.0003 * Q_{BL,ww}) / (0.001226 * Q_{BL,ww}))$
Valor aplicado:	0.672
Justificación de la elección del dato o descripción del métodos de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El parámetro se calcula en base a los parámetros $COD_{out,x}$ y $COD_{in,x}$

Dato / Parámetro:	$COD_{BL,in,x}$
Unidad del dato:	t/año ó tCOD/año
Descripción:	Cantidad de demanda química de oxígeno (COD) del afluente en las lagunas abiertas en el escenario Línea Base para el período x
Fuente del dato utilizado:	Datos de diseño de terceros
Valor aplicado:	$=0.001226 * Q_{BL,ww} = 0.001226 * Q_{BL,ww}$

Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Este parámetro es el mismo que caracteriza el afluente en la actividad de proyecto (mismo COD)
--	--

Dato / Parámetro:	$COD_{BL,out,x}$
Unidad del dato:	t/año ó tCOD/año
Descripción:	Cantidad de demanda química de oxígeno (COD del efluente de las lagunas abiertas en el escenario Línea Base en el período x
Fuente del dato utilizado:	Datos de diseño de terceros
Valor aplicado:	$=0.0000935*Q_{BL,ww}=0.0000935*Q_{BL,ww}$
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El parámetro se determina en base a datos de diseños de terceros que se emplean para la construcción de una laguna anaerobia abierta, el mismo que permitirá cumplir con los requisitos de calidad de las aguas residuales tratadas y lodos tratados. Siendo la Norma OS.90 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones el que establece los criterios de diseño. Y de acuerdo al D.S. N° 003-2010-MINAM el que determina los límites máximos permisibles de la calidad del agua residual tratada y que deberá cumplirse para efecto de la normativa.

Dato / Parámetro:	$MCF_{BL,ww,y}$
Unidad del dato:	Fracción

Descripción:	Factor promedio de corrección de metano en el año y , el cual representa la fracción de carga orgánica que podría ser degradada a CH_4 en el escenario Línea Base (fracción)
Fuente del dato utilizado:	IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, y expuesto en el Cuadro B (Factor promedio de corrección de metano) - Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco – 2010.
Valor aplicado:	0.2

- ii)* Emisiones de metano en la Línea Base provenientes del tratamiento de los lodos.

Se considera que el tratamiento del lodo que se habría producido en el escenario Línea Base procedentes del tratamiento de las aguas residuales en el sistema anaeróbico de lagunas abiertas, serían mínimas y evacuadas aproximadamente cada diez años.

Planteándose como tratamiento de los lodos, el secado controlado en condiciones aeróbicas y posterior disposición de los lodos a un relleno sanitario con recuperación de metano, por consiguiente se considera que las emisiones de metano correspondientes ($BE_{\text{CH}_4,sl,y}$) son insignificantes y no se contabilizan.

$$BE_{\text{CH}_4,sl,y} = 0$$

- iii)* Emisiones de CO_2e en la Línea Base provenientes del consumo de electricidad - Consumo de energía eléctrica que es sustituida con energía cogenerada en el escenario del proyecto.

Dato / Parámetro:	$EC_{BL,y}$
-------------------	-------------

Unidad del dato:	MWh
Descripción:	Cantidad anual de la electricidad que se consume en el escenario Línea Base para el tratamiento de las aguas residuales y lodos.
Fuente del dato utilizado:	Se considera para el escenario Línea Base, sistema anaeróbico de lagunas abiertas (lagunas facultativas), que la cantidad anual de electricidad que se consume es insignificativo bajo un enfoque conservador.
Valor aplicado:	0
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	-

Dato / Parámetro:	$EG_{PJ,y}$
Unidad del dato:	MWh/año
Descripción:	Cantidad anual de electricidad cogenerada que se consume en el escenario del proyecto para el tratamiento de las aguas residuales y lodos.
Fuente del dato utilizado:	
Valor aplicado:	2,299.00 MWh/año

Dato / Parámetro:	$EF_{BL,EL,y}$
Unidad del dato:	tCO ₂ e/MWh
Descripción:	Factor de emisión por la generación de electricidad en la red para el año y

Fuente del dato utilizado:	Cuadro D (Factor de emisión de la red eléctrica) - Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco – 2010
Valor aplicado:	0,47207

- iv) Emisiones de CO₂e en la Línea Base por consumo de calor en los procesos de tratamiento de aguas residuales y lodos

En el escenario Línea Base, la operación y mantenimiento de lagunas no consumen calor. Por lo tanto la emisión del sistema de calefacción es cero, 0 toneladas al año. $EC_{BL,FF,y} = 0$

- v) Emisiones de CO₂e en la Línea Base asociadas con el transporte de los lodos

Dato / Parámetro:	$q_{BL,i}$
Unidad del dato:	toneladas / viaje
Descripción:	Capacidad media vehicular del transporte de tipo i
Fuente del dato utilizado:	Camión de recolección selectiva
Valor aplicado:	7
Justificación de la elección de datos o descripción de los métodos de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El parámetro se obtienen de la empresa Relima, quien es la encargada de manejar el Relleno Sanitario El Zapallal, y es a donde el lodo tratado y desestabilizado se dispondrá finalmente.

Dato / Parámetro:	$Q_{BL,sl,y}$
Unidad del dato:	Toneladas/año
Descripción:	Cantidad de lodo producido promedio y tratado en

	el escenario Línea Base en el año y.
Fuente del dato utilizado:	Fuente propia
Valor aplicado:	75,490.00 Tn/año
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El parámetro se obtienen de los proponentes del proyecto

Dato / Parámetro:	$D_{BL,i,y}$
Unidad del dato:	Km/viaje
Descripción:	La distancia media por viaje que emplearía el vehículo de transporte de tipo i, para trasladar los lodos en el escenario Línea Base
Fuente del dato utilizado:	Fuente propia – estimado
Valor aplicado:	25
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	La distancia entre la PTAR Puente Piedra y el Relleno Sanitario El Zapallal ha sido calculado utilizando la herramienta del Google Maps Labs.

Dato / Parámetro:	$F_{BL,i,y}$
Unidad del dato:	Unidades de masa o volumen de combustible / km = lt de Diesel / Km
Descripción:	Consumo específico de combustible del vehículo de transporte de tipo i
Fuente del dato utilizado:	Dirección Técnica – Gerencia de Instalaciones y Maquinarias – Tabla de rendimientos / Caminos y Puentes.

Valor aplicado:	1.00
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Se considera el consumo de combustible de un camión que transporta aproximadamente 7 toneladas por viaje.

Dato / Parámetro:	$NCV_{BL,j}$
Unidad del dato:	TJ/masa o unidades de volumen = TJ/litro
Descripción:	Valor calorífico neto del transporte de combustible j
Fuente del dato utilizado:	2006 IPCC valor predeterminado (para diesel)
Valor aplicado:	0.0414
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El valor calorífico neto del transporte del combustible es tomado de valores por defecto del IPCC

Dato / Parámetro:	$EF_{BL,j}$
Unidad del dato:	tCO ₂ /TJ
Descripción:	Factor de emisión de CO ₂ por el transporte de combustible j
Fuente del dato utilizado:	2006 IPCC valor predeterminado (para diesel)
Valor aplicado:	0.0741
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El valor calorífico neto del transporte de combustible es tomado de los valores por defecto del IPCC y el factor de emisión de CO ₂ por el transporte de combustible es tomado de los valores por defecto del IPCC.

**PARÁMETROS FIJOS PARA LA ESTIMACIÓN A PRIORI DE LAS EMISIONES
DEL PROYECTO**

- i) Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de las aguas residuales

Dato / Parámetro:	GWP_{CH_4}
Unidad del dato:	tCO ₂ e/tCH ₄
Descripción:	Potencial de Calentamiento Global del CH ₄
Fuente del dato utilizado:	Directrices del IPCC de 2006
Valor aplicado:	21
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Valor aplicado por defecto del IPCC.

Dato / Parámetro:	B_o
Unidad del dato:	tCH ₄ /tCOD
Descripción:	Capacidad de producción máxima de Metano en las aguas residuales, el cual expresa la cantidad máxima de CH ₄ que puede ser producido a partir de una cantidad de Demanda Química de Oxígeno (COD).
Fuente de dato utilizado:	Directrices del IPCC de 2006
Valor aplicado:	0.21
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	No existen procedimientos de medición. Como se indica en la metodología AM0080, el valor por defecto del IPCC para B_o es de 0,25 tCH ₄ /tCOD. Sin embargo, teniendo en cuenta la

	incertidumbre de esta estimación, los participantes del proyecto deben utilizar un valor de 0,21 tCH ₄ /tCOD como supuesto conservador de B_0 .
--	--

Dato / Parámetro:	$MCF_{PJ,effl,y}$
Unidad del dato:	---
Descripción:	Factor de Corrección de Metano
Fuente del dato utilizado:	Cuadro B (Factor de corrección del metano para el tratamiento o sitio de descarga del agua residual) - Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco – 2010
Valor aplicado:	0.2

- ii) Emisiones de metano en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos, relacionados con las fugas físicas de CH₄ en los digestores anaeróbicos.

Dato / Parámetro:	$FL_{biogas,digest}$
Unidad del dato:	-
Descripción:	Fracción de biogás que se escapa de la digestión.
Fuente del dato utilizado:	Valor por defecto
Valor aplicado:	0.05
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y	Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero,

procedimientos actualmente aplicados:	Volumen 5, Capítulo 4, página 4.4
---------------------------------------	-----------------------------------

Dato / Parámetro:	GWP_{CH_4}
Unidad del dato:	tCO ₂ e/tCH ₄
Descripción:	Potencial de Calentamiento Global de CH ₄
Fuente del dato utilizado:	Directrices del IPCC de 2006
Valor aplicado:	21
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Valor aplicado por defecto del IPCC.

Considerando que hay solo un (01) cogenerador, y al no producirse el quemado de gas; entonces, se considera como nula la pérdida por quemado de gas.

iii) Emisiones de N₂O en el proyecto provenientes del tratamiento de los lodos.

Emisiones de óxido nitroso se asume que son nulas y no necesita ser explicado si el lodo es tratado en un digestor anaeróbico nuevo, considerándose además que los residuos del digestor anaeróbico serían deshidratados y almacenados aeróbicamente antes de su disposición final en un relleno sanitario controlado.

Por consiguiente $PE_{N_2O,sl,y} = 0$

Dato / Parámetro:	$EF_{N_2O,sl,land}$
Unidad del dato:	tN ₂ O/Tn
Descripción:	Factor de emisión de N ₂ O de lodo aplicado a la tierra
Fuente del dato utilizado:	Metodología AM0080 v.1 p.26
Valor aplicado:	0.016
Justificación de la elección del dato o	-

descripción de los métodos de medición y procedimientos actualmente aplicados:	
--	--

Dato / Parámetro:	GWP_{N_2O}
Unidad del dato:	tCO ₂ e/tN ₂ O
Descripción:	Potencial de Calentamiento Global de N ₂ O
Fuente del dato utilizado:	Directrices del IPCC de 2006
Valor aplicado:	296
Justificación de la elección del dato o descripción de los métodos de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Defecto del IPCC valor aplicado.

iv) Emisiones del CO₂e en el proyecto provenientes del consumo de electricidad

Dato / Parámetro:	$EF_{electrical_grid,y}$
Unidad del dato:	tCO ₂ e/t ó tCO ₂ e/MWh
Descripción:	Factor de emisión en la red debido al transporte de electricidad en el año y.
Fuente del dato utilizado:	Cuadro D (Factor de emisión de la red eléctrica) - Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco - 2010
Valor aplicado:	0,47207

v) Emisiones de CO₂e en el proyecto asociadas con el transporte de los lodos.

Dato / Parámetro:	$q_{PJ,i}$
Unidad del dato:	toneladas / viaje
Descripción:	Capacidad media vehicular del transporte de tipo i
Fuente del dato utilizado:	Camión de recolección selectiva

Valor aplicado:	7
Justificación de la elección de datos o descripción de los métodos de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El parámetro se obtienen de la empresa Relima, quien es la encargada de manejar el Relleno Sanitario El Zapallal, y es a donde el lodo tratado y desestabilizado se dispondrá finalmente.

Dato / Parámetro:	$Q_{PJ,sl,y}$
Unidad del dato:	Toneladas/año
Descripción:	Cantidad de lodo producido y tratado en el escenario del proyecto en el año y.
Fuente del dato utilizado:	Fuente propia
Valor aplicado:	187,223 Tn/año
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El parámetro se obtienen de los proponentes del proyecto

Dato / Parámetro:	$D_{PJ,i,y}$
Unidad del dato:	Km/viaje
Descripción:	La distancia media por viaje que emplearía el vehículo de transporte de tipo i, para trasladar los lodos en el escenario del proyecto.
Fuente del dato utilizado:	Fuente propia – estimado
Valor aplicado:	25
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	La distancia entre la PTAR Puente Piedra y el Relleno Sanitario El Zapallal ha sido calculado utilizando la herramienta del Google Maps Labs.

Dato / Parámetro:	$F_{PJ,i,y}$
Unidad del dato:	Unidades de masa o volumen de combustible / km = lt de Diesel / Km
Descripción:	Consumo específico de combustible del vehículo de transporte de tipo i
Fuente del dato utilizado:	Dirección Técnica – Gerencia de Instalaciones y Maquinarias – Tabla de rendimientos / Caminos y Puentes.
Valor aplicado:	1.00
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	Se considera el consumo de combustible de un camión que transporta aproximadamente 7 toneladas por viaje.

Dato / Parámetro:	$NCV_{PJ,j}$
Unidad del dato:	TJ/masa o unidades de volumen = TJ/litro
Descripción:	Valor calorífico neto del transporte de combustible j
Fuente del dato utilizado:	2006 IPCC valor predeterminado (para diesel)
Valor aplicado:	0.0414
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El valor calorífico neto del transporte del combustible es tomado de valores por defecto del IPCC

Dato / Parámetro:	$EF_{PJ,j}$
Unidad del dato:	tCO ₂ /TJ

Descripción:	Factor de emisión de CO ₂ por el transporte de combustible j
Fuente del dato utilizado:	2006 IPCC valor predeterminado (para diesel)
Valor aplicado:	0.0741
Justificación de la elección del dato o descripción del método de medición y procedimientos actualmente aplicados:	El valor calorífico neto del transporte de combustible es tomado de los valores por defecto del IPCC y el factor de emisión de CO ₂ por el transporte de combustible es tomado de los valores por defecto del IPCC.

CAPÍTULO VII

RESULTADOS OBTENIDOS

7.1. ESTIMACIONES A PRIORI DE LAS REDUCCIÓN EX – ANTE DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En función a la metodología seleccionada y expuesta en el punto 5.3.6.1, se ha realizado los siguientes cálculos para la determinación de las emisiones de CO₂e tanto para el Escenario Línea Base como para el Escenario del Proyecto. Y como resultado final se ha obtenido la reducción de emisiones de CO₂e por año.

7.1.1. Cálculos ex-ante de las reducción de emisiones

El cálculo de las emisiones en el Escenario la Línea Base y de las emisiones en el Escenario del Proyecto se especifica en el Anexo I.

El cálculo ex – ante de las emisiones a priori en la Línea Base se muestra en el siguiente Cuadro N° 7.1:

Cuadro N° 7.1: Emisiones a priori en la Línea Base

Número del año	Año de operación	Emisiones de la línea base (Toneladas de CO ₂ equivalente)
1	2014	45,838
2	2015	49,896
3	2016	54,378
4	2017	58,989
5	2018	63,913
6	2019	71,418
7	2020	76,977
TOTAL		421,409

El cálculo ex – ante de las emisiones del proyecto se muestra en el siguiente Cuadro N° 7.2.

Cuadro N° 7.2: Emisiones a priori del proyecto

Número del año	Año de operación	Emisiones del proyecto (Toneladas de CO ₂ equivalente)
1	2014	9,453
2	2015	9,498
3	2016	9,552
4	2017	9,605
5	2018	9,663
6	2019	9,754
7	2020	9,821
TOTAL		67,348

El cálculo ex – ante de la reducción de emisiones es demostrado en el siguiente Cuadro N° 7.3:

Cuadro N° 7.3: Estimación ex - ante de reducción de emisiones de GEI

Número del año	Año de operación	Reducción de emisiones (Toneladas de CO ₂ equivalente)
1	2014	36,385
2	2015	40,398
3	2016	44,826
4	2017	49,384
5	2018	54,250
6	2019	61,664
7	2020	67,156
TOTAL		354,062

7.1.2. Resumen de la estimación a priori y ex – ante de la reducción de emisiones

Resumen de la estimación a priori y ex – ante de las reducciones de emisiones se muestra en el siguiente Cuadro N° 7.4:

Cuadro N° 7.4: Resumen de estimación a priori y ex – ante de las reducciones de emisiones de GEI

Año	Estimación a priori de las emisiones en la actividad del proyecto (Toneladas de CO₂ equivalente)	Estimación a priori de las emisiones en la línea base (Toneladas de CO₂ equivalente)	Estimación a priori de las reducciones globales de emisiones (Toneladas de CO₂ equivalente)
2014	9,453	45,838	36,385
2015	9,498	49,896	40,398
2016	9,552	54,378	44,826
2017	9,605	58,989	49,384
2018	9,663	63,913	54,250
2019	9,754	71,418	61,664
2020	9,821	76,977	67,156
Total (Toneladas de CO₂e)	67,348	421,409	354,062

7.2. ANÁLISIS FINANCIERO DEL ESCENARIO DEL PROYECTO CON APLICACIÓN EN EL MERCADO DE CARBONO Y SIN APLICACIÓN EN EL MERCADO DE CARBONO

En el Anexo II se muestran los resultados obtenidos del análisis financiero del escenario del proyecto con aplicación en el mercado de carbono, y el análisis financiero del proyecto sin aplicación en el mercado de carbono.

CAPÍTULO VIII

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se denota que los resultados de estimación a priori de reducción de emisiones a priori se han obtenido utilizando la metodología AM0080 aprobada por la Junta Ejecutiva (JE) del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), y seleccionada en este estudio del análisis de nueve (09) metodologías aprobadas por la EJ del MDL. Cabe señalar que las metodologías aprobadas por la JE del MDL, han sido establecidas por especialistas, que han construido la metodología a partir de proyectos anteriores, revisados y aprobados por la JE. Bajo este marco se expone la polémica de los resultados:

- ✓ Las estimaciones de las Emisiones a priori de CO₂e a pesar de tener un enfoque conservador; es decir, utilización de parámetros bajos para el Escenario Línea Base y parámetros altos para el Escenario del Proyecto, muestra reducciones de emisiones de CO₂e en el orden de las 50,580 tCO₂e/año, siendo este valor muy considerable.
- ✓ Las reducciones de emisiones de CO₂e del orden de las 50,580 tCO₂e/año se han podido obtener por presentar un afluente con una DQO = 1226 mg/l. Caso parecido no podría ser admitido actualmente, ya que mediante *D.S. N° 021-2009-VIVIENDA – Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario*, solo se admitiría descargas al sistema de alcantarillado (que vendría ser el afluente de la PTAR) con una DQO máxima de 1000 mg/l.
- ✓ Las reducciones de emisiones de CO₂e podría ser mucho mayor, si toda la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra, contará con el sistema de tratamiento de “Lodos Activados”. Se menciona que solo la ampliación de la PTAR Puente Piedra tendría como tratamiento el sistema de lodos activados y, el mejoramiento de la PTAR existente cuenta con un sistema Sequential Batch Reactor (SBR).

Es decir, que en la evaluación de las estimaciones de CO₂e se estaría dejando de considerar las reducciones de emisiones asociadas a los 420 l/s que podría aportar el mejoramiento de la PTAR existente, siendo esto

no posible, toda vez que su tratamiento es distinto al sistema de lodos activados, contemplado como Escenario del Proyecto. Es importante señalar que a mayor tratamiento de aguas residuales las reducciones ex - ante de emisiones de CO₂e aumentan.

- ✓ Para la estimación de producción de biogás y generación de energía se han utilizado indicadores y valores muy conservadores, eso implica que el estimado de generación de energía eléctrica está considerado para el escenario más desfavorable de producción de energía.
- ✓ La evaluación financiera arrojaría un mejor VAN siempre y cuando el costo de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER's) fueran cotizados a un valor de € 25.0/tCO₂e reducido, el cual no es el caso por simularse a un valor de € 15.0/tCO₂e reducido, precio conservador.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

- Se ha identificado como Escenario Línea Base, la construcción de un nuevo sistema anaeróbico de lagunas abiertas, compuesto por lagunas facultativas (lagunas primarias, lagunas secundarias y lagunas terciarias) sin recuperación de metano. Los lodos obtenidos del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas facultativas son dejados a secar bajo condiciones controladas y aeróbicas. Posteriormente estos lodos son dispuestos en el relleno sanitario El Zapallal. La demanda de energía de la PTAR se obtiene de la red eléctrica externa.

Para el *Escenario Línea Base* se ha logrado estimar a priori las siguientes emisiones de CO₂e, a lo largo de los años de acreditación:

Año 1 =45,838 tCO₂e Año 2 = 49,896 tCO₂e Año 3 = 54,378 tCO₂e
 Año 4 = 58,989 tCO₂e Año 5 = 63,913 tCO₂e Año 6 = 71,418 tCO₂e
 Año 7 = 76,977 tCO₂e

Presentando por lo tanto, una estimación a priori promedio anual de emisiones CO₂e de 60,201 tCO₂e/año.

- Se ha identificado como Escenario del Proyecto, la instalación de un sistema de lodos activados para el tratamiento de las aguas residuales. Siendo los lodos obtenidos de los sedimentadores primarios y excedentes de los sedimentadores secundarios estabilizados en un digestor anaerobio con recuperación de metano, utilizando este gas (combustible) en un sistema de cogeneración para generar energía eléctrica y calor. La energía eléctrica requerida para el funcionamiento de la PTAR estaría atendida, tanto de la red eléctrica externa como del sistema de cogeneración.

Para el *Escenario del Proyecto* se ha logrado estimar a priori las siguientes emisiones de CO₂e, a lo largo de los años de acreditación:

Año 1 =9,453 tCO₂e Año 2 = 9,498 tCO₂e Año 3 = 9,552 tCO₂e
 Año 4 = 9,605 tCO₂e Año 5 = 9,663 tCO₂e Año 6 = 9,754 tCO₂e

Año 7 = 9,821 tCO₂e

Presentando por lo tanto, una estimación a priori promedio anual de emisiones CO₂e de 9,621 tCO₂e/año.

- Se ha estimado a priori como reducción ex - ante de emisiones de gases de efecto invernadero, a lo largo del periodo de acreditación, los siguientes valores:

Año 1 = 36,385 tCO₂e Año 2 = 40,398 tCO₂e Año 3 = 44,826 tCO₂e

Año 4 = 49,384 tCO₂e Año 5 = 54,250 tCO₂e Año 6 = 61,664 tCO₂e

Año 7 = 67,156 tCO₂e

Presentando por lo tanto, una estimación a priori promedio anual de reducción ex - ante de emisiones de gases de efecto invernadero, expresado en tCO₂e, de 50,580 tCO₂e/año (este valor es el volumen de los Certificados de Reducción de Emisiones)

- Tomando como dato conservador de € 15.0/tCO₂e reducido, producto de la negociación del dueño del proyecto y el comprador de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER's), se ha obtenido por la venta anual de CER's en promedio: S/. 3,018,121.0 (Tres millones dieciocho mil ciento veinti uno con 00/100 nuevos soles).
- En el Escenario del Proyecto, ingresa al digestor anaeróbico 25,874 Kg masa de sólidos/día, con una concentración de sólidos de 4% y con peso específico de 1.03, generado a partir del tratamiento 662.50 l/s en promedio de aguas residuales.

Permitiendo producir de esta manera 2,277,860 m³ Biogás/año, el cual generaría 2,299 MWh/año, considerada como energía cogenerada. Y teniendo como input que la demanda total de energía para la planta es de 14,472 MWh/año, se estaría atendiendo parte de esta energía eléctrica en un porcentaje de 16% mediante la utilización de energía cogenerada.

- De los resultados obtenidos del análisis financiero en el escenario del proyecto con aplicación en el mercado de carbono, se concluye como relación Beneficio/Costo el valor de 0.09. Esto es posible, por los beneficios que se obtienen de la venta de CER's, que en promedio

representan unos ingresos anuales de S/. 3,018,121 (Tres millones dieciocho mil ciento veintiuno con 00/100 nuevos soles)

- En el caso, que el proyecto Ampliación de la PTAR Puente Piedra no aplique en el mercado de carbono; es decir, no se reduzcan emisiones de gases de efecto invernadero durante el proyecto, se estaría dejando de percibir en total, a lo largo de los 7 años siguientes de ejecutarse la planta, la suma de S/. 14,027,322 (catorce millones veintisiete mil trescientos veintidós con 00/100 nuevos soles).

9.2. Limitaciones del estudio

- La estimación de Gases de Efecto Invernadero realizada, es a priori; es decir, se considera como cierta la estimación, algo que no necesariamente debería ser así, pero, por el gran costo que implicaría estimar las emisiones de GEI mediante equipos y/o instrumentos, se acepta la validez de las metodologías.
- El desarrollo de la tesis, podría haberse ejecutado en un menor periodo, y esto no ha sido posible, por presentar bibliografía en Ingles. Se menciona que todas las metodologías de la UNFCCC están en idioma Ingles.

9.3. Recomendaciones

- El sistema de tratamiento del escenario del proyecto (lodos activados), es un sistema costoso tanto en inversión como en operación y mantenimiento, el solo ingreso por la venta de los Certificados de Reducción de Emisiones no hace viable la ejecución de una PTAR, por eso se recomienda plantear como escenario del proyecto un sistema de bajos costos en inversión y operación y mantenimiento.
- El escenario del proyecto que consiste en un sistema de tratamiento de lodos activados, reduce emisiones de gases de efecto invernadero, pero hay otros sistemas de tratamiento que reducirían mucho más las emisiones de gases de efecto invernadero, para citar un ejemplo, sería el sistema de tratamiento mediante lagunas anaerobias, por ello queda abierto la posibilidad de su evaluación en posteriores estudios.

- El sistema que se proponga como escenario del proyecto debería ser aquel que genere cantidades significativas de biogás (contiene metano), esto haría posible su uso como combustible en los sistemas de cogeneración (atendería la demanda de energía eléctrica de la PTAR) o su combustión (quemado) para reducir su potencial de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Estudio: Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución, 2008 © SUNASS. Autores: Ing. Juan Pablo Méndez Vega - Ing. Johnny Marchán Peña
2. Tratamiento de Aguas Residuales y Excretas animales (Análisis de la experiencia de América Latina y el Caribe con proyectos del mecanismo de desarrollo limpio), Mayo del 2011. Publicado por: Banco Interamericano de Desarrollo
3. Energías Renovables en América Latina, Julio 2010 – Ciudadanía y valores Fundación, elaborado por Mercedes Canseco. Directorio – Fondos de Carbono, Fondo Nacional del Ambiente – Perú.
4. Proyectos MDL en PTAR, Bogotá, Julio 2003. Presentado por: Roy Ellenbroek
5. Mendiola, Alfredo (2008) - “Desarrollo del Mercado de Carbono en el Perú” – Lima – ESAN Ediciones.
6. “Resultado de la labor del Grupo de Trabajo Especial sobre los nuevos compromisos de las Partes del anexo I con arreglo al Protocolo de Kyoto” (8 de diciembre de 2012 – FCCC/KP/CMP/2012/L.9)
7. Identificación de Emisiones Directas e Indirectas de GEI en el Sector Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales: Bases para la formulación de proyectos MDL en PTAR, Revista BISTUA. Autores: Meneses, Alexander & Hernández, Eudes.
8. Methodologies Booklet - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Pag. Web:
<http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>
9. Pontificia Universidad Católica del Perú, Tesis para optar el grado académico de Magíster en Derecho Constitucional. Maestría en Derecho Consitucional – Conciencia Ecológica: Garantía de un Medioambiente Sano, Lima – Perú 2004.

ANEXO I: ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES EN LA LÍNEA BASE Y EN EL PROYECTO

1. Cálculo de las emisiones en la línea base								
1.1 Emisiones de metano provenientes del tratamiento de las aguas residuales								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
$BE_{CH_4,ww,y}$	tCO ₂ e/año	14,118	15,328	16,761	18,171	19,709	22,128	23,910
GWP_{CH_4}	tCO ₂ e/tCH ₄	21						
B_o	tCH ₄ /tCOD	0.21						
$COD_{BL,ww,y}$	tCOD/año	16,006	17,379	19,004	20,602	22,346	25,089	27,109
$COD_{PJ,ww,y}$	tCOD/año	19,470	21,139	23,115	25,059	27,180	30,517	32,974
$Q_{PJ,ww,y}$	m ³	15,880,584	17,242,308	18,854,224	20,439,743	22,169,808	24,891,365	26,895,484
$W_{PJ,COD,ww,i}=W_{PJ,COD,ww,y}$	tCOD/m ³	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226
AD_{BL}	proporción	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
$COD_{BL,out,x}$	tCOD/año	1,485	1,612	1,763	1,911	2,073	2,327	2,515
$COD_{BL,in,x}$	tCOD/año	19,470	21,139	23,115	25,059	27,180	30,517	32,974
$MCF_{BL,ww,y}$	proporción	0.20						

1.2 Emisiones de metano provenientes del tratamiento de los lodos								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
$BE_{CH_4,sl,y}$	tCO ₂ e/año	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GWP_{CH_4}	tCO ₂ e/tCH ₄	21.00						
F	proporción	0.50						
DOC_F	proporción	0.50						
$MCF_{BL,s}$	proporción	1.00						
$DOC_{BL,s}$	proporción	0.05						
$Q_{BL,s,y}$	toneladas / año	57,064	62,369	68,048	74,012	80,318	89,791	96,827
1.3 Emisiones de CO ₂ e provenientes del consumo de electricidad								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
$BE_{EL,y}$	tCO ₂ e/año	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085
$EC_{BL,y}$	MWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$EG_{PJ,y}$	MWh	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299
$EF_{BL,EL,y}$	tCO ₂ e/MWh	0.47207						
1.4 Emisiones de CO ₂ e asociadas con el transporte de los lodos								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
$BE_{TR,sl,y}$	tCO ₂ e/año	30,635	33,483	36,532	39,734	43,119	48,204	51,982
$N_{BL,i,y}$	viajes	399,447	436,584	476,335	518,083	562,224	628,534	677,786
$Q_{BL,s,y}$	tonelada/año	57,064	62,369	68,048	74,012	80,318	89,791	96,827
$q_{BL,i}$	tonelada/viaje	7						
$D_{BL,i,y}$	km/viaje	25						
$F_{BL,i,y}$	litros / km	1.00						
$NCV_{BL,i}$	TJ/litro	0.0414						
$EF_{BL,j}$	tCO ₂ /TJ	0.0741						
TOTAL:		45,838	49,896	54,378	58,989	63,913	71,418	76,977

2. Cálculo de las emisiones del proyecto								
2.1 Emisiones de metano provenientes del tratamiento de aguas residuales								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
$PE_{CH_4,wwtp,y}$	tCO ₂ e/año	0	0	0	0	0	0	0
$OR_i=OR_y$	proporcion	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
$COD_{PJ,ww,y}$	tCOD	19,470	21,139	23,115	25,059	27,180	30,517	32,974
$Q_{PJ,ww,y}$	m ³	15,880,584	17,242,308	18,854,224	20,439,743	22,169,808	24,891,365	26,895,484
$W_{PJ,COD,ww,i}=W_{PJ,COD,ww,y}$	tCOD/m ³	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226	0.001226
$COD_{PJ,effl,y}$	tCOD	602	653	715	775	840	943	1,019
$Q_{PJ,effl,y}$	m ³	15,880,584	17,242,308	18,854,224	20,439,743	22,169,808	24,891,365	26,895,484
$W_{PJ,COD,effl,i}=W_{PJ,COD,effl,y}$	tCOD/m ³	0.0000379	0.0000379	0.0000379	0.0000379	0.0000379	0.0000379	0.0000379
GWP_{CH_4}	tCO ₂ e/tCH ₄	21.00						
B_0	proporcion	0.21						
$PE_{CH_4,effl,y}$	tCO ₂ e/año	530.85	576.37	630.26	683.26	741.09	832.06	899.06
GWP_{CH_4}	tCO ₂ e/tCH ₄	21.00						
B_0	proporcion	0.21						
$MCF_{PJ,effl,y}$	proporcion	0.20						
2.2 Emisiones de metano provenientes del tratamiento de los lodos								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
$PE_{CH_4,sl,y} = PE_{CH_4,digest,y}$	tCO ₂ e/año	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
$F_{biogas,y}$	m ³ biogas recolectado	2,277,860	2,277,860	2,277,860	2,277,860	2,277,860	2,277,860	2,277,860
$FL_{biogas,digest}$	m ³ biogás fugado / m ³ biogás producido	0.05						
$W_{CH_4,biogas,y}$	kgCH ₄ /m ³ de biogás	0.47						
GWP_{CH_4}	tCO ₂ /tCH ₄	21.00						

2.3 Emisiones de CO ₂ e provenientes del consumo de electricidad								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
PE _{EC,y}	tCO ₂ e/año	5,747	5,747	5,747	5,747	5,747	5,747	5,747
EC _{PJ,y}	MWh	12,173	12,173	12,173	12,173	12,173	12,173	12,173
EF _{PJ,EL,y}	tCO ₂ e/MWh	0.47207						
2.4 Emisiones de CO ₂ e asociadas con el transporte de los lodos								
Parámetro	Unidad del dato	Periodo de Acreditación (Años)						
		Año 1 - 2014	Año 2 - 2015	Año 3 - 2016	Año 4 - 2017	Año 5 - 2018	Año 6 - 2019	Año 7 - 2020
PE _{TR,sl,y}	tCO ₂ e/año	2,051	2,051	2,051	2,051	2,051	2,051	2,051
N _{PJ,i,y}	viaje	26,746	26,746	26,746	26,746	26,746	26,746	26,746
Q _{PJ,sl,y}	tonelada	187,223	187,223	187,223	187,223	187,223	187,223	187,223
q _{PJ,i}	tonelada/viaje	7.00						
D _{PJ,i,y}	km/viaje	25.00						
F _{PJ,i,y}	litros / km	1.00						
NCV _{PJ,j}	TJ/litro	0.0414						
EF _{PJ,j}	tCO ₂ /TJ	0.0741						
TOTAL:		9,453	9,498	9,552	9,605	9,663	9,754	9,821
REDUCCIÓN DE EMISIONES		36,385	40,398	44,826	49,384	54,250	61,664	67,156

ANEXO II: ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO CON Y SIN APLICACIÓN EN EL MERCADO DE CARBONO
ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO CON APLICACIÓN EN EL MERCADO DE CARBONO

Descripción	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Costos & Ingresos de Carbono		-322,680	2,135,280	2,374,747	2,638,954	2,910,945	3,201,273	3,643,666	3,971,371
Preparación del PDD y presentación ante la autoridad nacional ¹	S/.	-89,505							
Validación ¹	S/.	-99,450							
Registro ¹	S/.	-34,275							
Honorarios legales ¹	S/.	-99,450							
Verificación y certificación anual ¹	S/.		-35,802	-35,802	-35,802	-35,802	-35,802	-35,802	-35,802
Ingresos por CER's ²	S/.		2,171,082	2,410,549	2,674,756	2,946,747	3,237,075	3,679,468	4,007,173
Inversiones		-148,836,452	0	0	0	0	0	0	0
Estudio y ejecución de obra ³	S/.	-147,928,540							
Sistema de cogeneración ⁵	S/.	-907,912							

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Total Flujo:	-149,159,132	-5,085,058	-5,102,079	-5,081,844	-5,049,829	-5,021,355	-4,990,883	-4,966,512

VAN con ingresos de carbono	S/.	-173,749,369
B/C	Decimales	0.09

Costo de energía (S/./ KWh)³	0.31
Tasa de actualización:	10%

Valor de Certificados de Reducción de emisiones (CER's)	
Descripción	Valor
€/ Tn CO ₂ e reducido	15
Tipo de cambio €/ . al 30/10/2013 (Fuente: SBS)	3.978
S. / Tn CO ₂ e reducido	59.67

Nota:

(1) Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo – Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales – Daniel A. Nolasco – 2010

(2) Fuente: Propia y determinada a partir de los Certificado de Reducción de Emisiones (CER's), de la siguiente manera; volumen de los CER's emitidos multiplicado por el valor de cada CER's

(3) Fuente: SEDAPAL, Perfil del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra”

(4) Fuente: Cantidad de energía requerida por la Ampliación de la PTAR Puente Piedra y establecida por SEDAPAL, este costo refleja que toda la energía requerida es suministrada por la red eléctrica, es decir no hay producción de energía cogenerada.

(5) Fuente: Tech4CDM, costos de Inversión y operación y mantenimiento para sistemas de cogeneración.

(6) Fuente: Propia y determinada a partir de la cantidad de biogás producido en la ampliación de la PTAR Puente Piedra, la misma que se utiliza como combustible para generar energía eléctrica a partir de un equipo de cogeneración.

ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO SIN APLICACIÓN EN EL MERCADO DE CARBONO

Descripción	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Inversiones		-147,928,540	0	0	0	0	0	0	0
Estudio y ejecución de obra ¹	S/.	-147,928,540							
Operación y mantenimiento			-7,487,533	-7,744,021	-7,987,992	-8,227,969	-8,489,823	-8,901,744	-9,205,077
Costos de operación fijos (Mano de obra) ¹	S/.		-784,501	-851,770	-931,399	-1,009,723	-1,095,189	-1,229,633	-1,328,637
Costos variables de operación por insumos ¹	S/.		-587,582	-637,965	-637,965	-637,965	-637,965	-637,965	-637,965
Costos variables de operación por energía eléctrica total ²	S/.		-4,486,346	-4,486,346	-4,486,346	-4,486,346	-4,486,346	-4,486,346	-4,486,346
Costos de mantenimiento fijos (Mano de obra) ¹	S/.		-398,603	-432,782	-473,241	-513,038	-556,462	-624,773	-675,077
Costo de mantenimiento variable por repuestos ¹	S/.		-566,937	-615,550	-673,096	-729,699	-791,462	-888,622	-960,169
Costo de mantenimiento variable por herramienta ¹	S/.		-19,930	-21,639	-23,662	-25,652	-27,823	-31,239	-33,754
Costo de mantenimiento variable por equipo ¹	S/.		-460,537	-500,027	-546,772	-592,753	-642,924	-721,850	-779,969
Costo de mantenimiento variable por materiales ¹	S/.		-173,098	-187,941	-205,511	-222,793	-241,651	-271,316	-293,161

Descripción	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Costo de administración y comercial ¹	S/.		-10,000	-10,000	-10,000	-10,000	-10,000	-10,000	-10,000

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Total Flujo:	-147,928,540	-7,487,533	-7,744,021	-7,987,992	-8,227,969	-8,489,823	-8,901,744	-9,205,077

VAN sin ingresos de carbono	S/.	-187,776,691
------------------------------------	------------	---------------------

Costo de energía (S/./ KWh)¹	0.31
Tasa de actualización:	10%

Nota:

(1) Fuente: SEDAPAL, Perfil del Proyecto "Ampliación y Mejoramiento del Colector Puente Piedra y Tratamiento de Aguas Servidas del Área de Drenaje de la PTAR Puente Piedra"

(2) Fuente: Cantidad de energía requerida por la Ampliación de la PTAR Puente Piedra y establecida por SEDAPAL, este costo refleja que toda la energía requerida es suministrada por la red eléctrica, es decir no hay producción de energía cogenerada.

ANEXO III: Memoria de cálculo - Diseño de Lagunas Facultativas

Tabla 1

DISEÑO DE LAGUNAS FACULTATIVAS:

POBLACION DE DISEÑO=====>	599,124 Habitantes
DOTACION=====>	200 lt/hab/día
CONTRIBUCIONES:	
AGUA RESIDUAL=====>	80 %
DBO ₅ =====>	445 mg/l
TEMPERATURA DEL AGUA PROMEDIO	
DEL MES MAS FRIO=====>	18.0 °C

Caudal de Aguas residuales (Q):

Población x Dotación x %Contribución

124,618 m³/día

Q diseño (l/s)

1442.34 l/s

Carga de DBO₅ (C):

Caudal x DBO₅ x 0,0864

55,454.9 KgDBO₅/día

Carga superficial de diseño (CS dis)

Cs = 250 x 1.05 ^(T-20)

238.1 KgDBO₅/Ha.día

Area Superficial requerida para lagunas primarias (At)

At = C/CSdis

232.9 Ha

Tasa de acumulación de lodos

0.120 m³/(habitante.año)

Periodo de limpieza

1 años

Volumen de lodos

71,894.88 m³

Número de lagunas en paralelo (N)

Número de lagunas en paralelo seleccionado=====>

5 Unidad(es)

AREA UNITARIA (Au)	46.58 Ha
CAUDAL UNITARIO AFLUENTE (Qu)	24923.6 m3/día
RELACION Largo/Ancho (L/W)=====>	3 <entre 2 y 3>
ANCHO APROXIMADO (W):	394
LONGITUD APROXIMADA (L):	1182
Perdida:infiltración - evaporación=====>	0.9 cm/día
Coliformes fecales en el afluente :=====>	2.00E+08 NMP/100 ml
<hr/>	
Lagunas Primarias facultativas	
Tasas netas de mortalidad	
Tasa de mortalidad Kb(P) a 20 ° C =====>	0.60 (1/días)
Tasa de mortalidad Kb(P) a la temperatura T	
Kb PRIMARIAS $Kb(P) = Kb(20^{\circ}C) \times 1.05^{(T-20)}$	0.544 (1/días)
Tasa de desoxigenación (K) a 20°C =====>	0.25 (1/días)
Tasa de desoxigenación (K) a la temperatura T	
$K = K(20^{\circ}C) \times 1.05^{(T-20)}$	0.227 (1/días)
Diseño:	
Longitud Primarias (Lp)	300 m
Ancho Primarias (Wp) =====>	150 m
Profundidad Primarias (Zp)=====>	2.5 m
Carga superficial aplicada	2464.66 KgDBO5/Ha.día
Ingreso un ancho menor al requerido!!	
P.R. (Primarias)	4.6 días
Factor de corrección hidráulica(Fch)=====>	0.8
P.R. (Primarias) corregido	3.7 días
Factor de características de sedimentación(Fcs)==>	0.7
Factor intrínseco de algas (Fia)=====>	0.15
Numero de dispersion	d = 0.167
Factor adimensional (coliformes)	ab = 1.528
Factor adimensional (DBO)	a = 1.247
Caudal efluente unitario	24518.5584 m3/día
Caudal efluente total	122592.792 m3/día
C.F en el efluente	3.94E+07 NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción de C.F.	80.31 %
DBO afluente	445.0 mg/l
DBO efluente	193.44 mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO	56.53 %
Area Unitaria	4.50 Ha
Area Acumulada	22.5 Ha
Volumen de lodos unitario	14378.976 m3

Lagunas secundarias	
Tasas netas de mortalidad Kb secundarias	
Tasa de mortalidad Kb(S) a 20 ° C =====>	0.9 (1/días)
Tasa de mortalidad Kb(S) a la temperatura T	
Kb(S) = Kb(20°C) x 1.05^(T-20)	0.816 1/(día)
Tasa de desoxigenación (K)	
Tasa de desoxigenación (K) a 20°C =====>	0.25 (1/días)
Tasa de desoxigenación (K) a la temperatura T	
K = K(20°C) x 1.05^(T-20)	0.227 (1/días)
Número de lagunas secundarias=====>	5 unidad(es)
Caudal afluente unitario	24518.56 m3/día
Relacion Longitud/Ancho (L/W)=====>	6
Longitud secundarias (Ls)	1200 m
Ancho Secundarias (Ws) =====>	200 m
Profundidad Secundarias (Zs)=====>	2 m
P.R. (Secundarias)	21.47 días
Factor de corrección hidráulica(Fch)=====>	0.6
P.R. (Secundarias) corregido	12.88 días
Factor de características de sedimentación(Fcs)===>	0.95
Factor intrínseco de algas (Fia)=====>	0.3
Numero de dispersion	d = 0.096
Factor adimensional (coliformes)	ab = 2.249
Factor adimensional (DBO)	a = 1.458
Caudal efluente	22358.56 m3/dia
Caudal efluente total	111792.792 m3/dia
CF en el efluente	5.18E+04 NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción de C.F.	99.87 %
DBO efluente	71.61 mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO	62.98 %
Area Unitaria	24.00 Ha
Area Acumulada	142.50 Ha
Carga superficial aplicada	197.62 KgDBO/(Ha.día)
Período de retención total	16.55 días
Eficiencia global de remoción en C.F:	99.9741 %
Eficiencia global de remoción en DBO:	83.9 %

Lagunas terciarias	
Tasas netas de mortalidad Kb terciarias	
Tasa de mortalidad Kb(T) a 20 ° C =====>	1.0 (1/días)
Tasa de mortalidad Kb(T) a la temperatura T	
$Kb(T) = Kb(20^{\circ}C) \times 1.05^{(T-20)}$	0.907 1/(día)
Tasa de desoxigenación (K)	
Tasa de desoxigenación (K) a 20°C =====>	0.25 (1/días)
Tasa de desoxigenación (K) a la temperatura T	
$K = K(20^{\circ}C) \times 1.05^{(T-20)}$	0.227 (1/días)
Número de lagunas terciarias =====>	5 unidad(es)
Caudal afluente unitario	22358.5584 m3/día
Relacion Longitud/Ancho (L/W)=====>	6
Longitud terciarias (Lt)	1200 m
Ancho Terciarias (Wt) =====>	200 m
Profundidad Terciarias (Zt)=====>	1.5 m
P.R. (Terciarias)	17.82 días
Factor de corrección hidráulica(Fch)=====>	0.8
P.R. (Terciarias) corregido	14.26 días
Factor de características de sedimentación(Fcs)====>	0.95
Factor intrínseco de algas (Fia)=====>	0.60
Numero de dispersion	d = 0.155
Factor adimensional (coliformes)	ab = 3.005
Factor adimensional (DBO)	a = 1.734
Caudal efluente	20198.56 m3/día
Caudal efluente total	100992.79 m3/día
CF en el efluente	6.09E+01 NMP/100ml
Eficiencia parcial de remoción de C.F.	99.88 %
DBO efluente	46.75 mg/l
DQO efluente (relación DBO/DQO= 0.5)	93.50 mg/l
Eficiencia parcial de remoción de DBO	34.72 %
Area Unitaria	24 Ha
Area Acumulada	262.5 Ha
Carga superficial aplicada	66.71 KgDBO/(Ha.día)
Período de retención total	30.81 días
Eficiencia global de remoción en C.F:	100.00 %
Eficiencia global de remoción en DBO:	89.49 %

ANEXO IV: Normatividad

NORMATIVIDAD INTERNACIONAL

a. Acuerdos de Marrakech – 10.11.2001

Se refiere al conjunto de decisiones que fueron adoptadas en la Séptima Conferencia de la Partes (COP-7) en Marrakech y fueron denominadas “Los Acuerdos de Marrakech”. Constituye la normatividad fundamental para la implementación de los mecanismos del Protocolo de Kyoto.

Siendo las consideraciones a tomar en cuenta en el estudio las siguientes:

- La Línea Base representa las emisiones que hubieran ocurrido en ausencia del proyecto.
- Si la emisiones a través de la implementación del proyecto registrado son menores a las emisiones que hubiesen producido de no realizarse el proyecto, entonces este proyecto MDL es adicional.

NORMATIVIDAD NACIONAL

a. Ley Orgánica de Gobiernos Regionales (Ley N° 27867) – 16.11.2002

Establece en su Art. 56, literal c) que es función del Gobierno Regional en materia ambiental y de ordenamiento territorial: formular, coordinar, conducir y supervisar la aplicación de las estrategias regionales respecto al cambio climático dentro del marco de las estrategias nacionales respectivas.

b. Guía práctica para desarrolladores de proyectos MDL – MINAM, 2011

El Ministerio del Ambiente, como Autoridad Nacional Designada promueve el MDL como un esquema que contribuye al desarrollo sostenible del país. En el marco de esta función se desarrolló la guía mencionada, la cual constituye un esfuerzo por brindar información sistematizada sobre los procedimientos requeridos y los conocimiento básicos necesarios para desarrollar un proyecto en el marco del MDL.

Aquel documento explica en forma breve los conceptos técnicos más importantes para la redacción del Documento de Diseño del Proyecto (PDD), siendo los mismos esenciales para asegurar un proceso exitoso de validación y registro del proyecto ante la Junta Ejecutiva del MDL y posteriormente obtención de los CER's., siendo las de mayor relevancia: Las metodologías de Línea Base (se recomienda que estas metodologías de la Línea Base y Monitoreo aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL, deben verificarse si no han sufrido alguna actualización para su ejecución, aquellas actualizaciones se encuentran colgadas en la página web de la UNFCCC: <http://unfccc.int>), la Adicionalidad y el Protocolo de Monitoreo.

ANEXO V: Experiencia de la PTAR Marrakech

Se señala que en la actualidad existe evidencia en el mundo de proyectos MDL en PTAR ejecutados, tal como se aprecia en Marrakech (población de 950 000 personas), ubicado en el país de Marruecos, en donde se ha desarrollado un **proyecto MDL** en la **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Marrakech**, el cual consiste en un sistema de tratamiento mediante lodos activados para el afluente de las aguas residuales y, para el tratamiento de los lodos un digestor anaeróbico con recuperación de biogás, que será utilizado como combustible en un sistema de cogeneración que producirá energía calorífica y eléctrica, permitiendo de esta manera suministrar de calor al digestor anaeróbico y de energía eléctrica a la PTAR. La ejecución de la PTAR ha sido posible mediante el financiamiento del RADEEMA, del Gobierno Marroquí y de los accionistas de los Campos de Golf, logrando la inversión de 430 millones de soles.

Este proyecto MDL cuenta con el reporte de validación y aprobación de la Junta Ejecutiva (JE) del MDL, registrado el 11.12.2012, y publicado en el sitio web de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático¹⁷, como proyecto N° 5434.

Producto del desarrollo de la metodología AM0080 aprobada por la JE del MDL se han podido estimar a priori las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del proyecto PTAR Marrakech, estimándose a priori una reducción de 62,488.0 tCO₂e/año, garantizando ingresos por la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's) a lo largo del periodo de acreditación comprendido desde el 01.01.2013 hasta 31.12.2022.

La PTAR Marrakech tuvo su puesta en marcha en diciembre del 2011, tratando 110,000.00 m³/día (1.27 m³/s) de aguas residuales, y reutilizándose 90,000.00 m³/día de agua residual tratada. Uno de los productos del proceso de tratamiento de los lodos en la PTAR, es el metano (CH₄), utilizado para generar electricidad, produciendo una cantidad de 30 MWh/día de energía eléctrica,

¹⁷ En la siguiente página web: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/BVQI1321636951.04/view>, se ubica el documento de diseño del proyecto y su correspondiente reporte de validación de la JE del MDL.

permitiendo de esta manera atender el 50% de la demanda de energía eléctrica de la PTAR Marrakech.

Gráfico N° 01: Ubicación de la PTAR Marrakech existente



Gráfico N° 02: Vista panorámica de la PTAR existente Marrakech



ANEXO VI: PLANO DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LA AMPLIACIÓN DE LA PTAR PUENTE PIEDRA

Mapa N° 01: Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Distribución General



Mapa N° 02: Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Redes de tratamiento



Mapa N° 03: Ampliación de la PTAR Puente Piedra – Tubería de recolección de gases - Tratamiento de lodos

