

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia de los procesos de tratamiento en el
impacto ambiental en la PTAR de Totorá, 2022**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Bach. Sergio Omar Palomino Taype

Asesor:

MSc. Ing. Jaime Leonardo Bendezú Prado

Ayacucho - Perú

2024

RESUMEN

Esta investigación se encuentra enfocada en determinar la influencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales en los impactos ambientales en la PTAR de Totorá para el año 2022, es por ello que se buscó determinar las cantidades de impactos ambientales negativos generadas por la utilización de recursos y energías en el proceso de tratamiento. Es así que se demostró que es posible estimar la cantidad de impactos ambientales negativos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de las directrices de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el uso del software SimaPro. La metodología propuesta permitió analizar de manera rigurosa los impactos ambientales negativos generados por el proceso de tratamiento, que para este estudio se dividió en tres fases: materias primas y transportes, construcción de la PTAR y uso de la PTAR. No se consideró la fase de demolición y reciclaje de la PTAR debido a que estudio se encuentra enfocado para el año 2022. Así mismo, como parte del estudio se determinó los impactos ambientales negativos generados por el uso de insumos químicos, el transporte de los insumos químicos, el consumo de electricidad, el uso del concreto y acero de refuerzo. El método utilizado para el cálculo de impactos fue el ReCiPe 2016 Midpoint (H). Las categorías de impacto ambiental analizadas fueron el calentamiento global y la eutrofización. Los resultados del análisis ambiental indican que se generaron 245945.76 Kg CO₂ eq y 4.13 Kg N eq por el proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá durante el año 2022. Se concluye que el proceso de tratamiento de aguas residuales genera impactos ambientales negativos debido a el uso de insumos químicos, el transporte de los insumos químicos, el consumo de electricidad, el uso del concreto y acero de refuerzo. Finalmente, que establecieron alternativas de solución para el disminuir los impactos ambientales negativos como el uso de compuestos alternativos en reemplazo parcial del cemento y agregados para la elaboración del concreto, criterios de adquisición del acero, uso de la energía fotovoltaica, uso de insumos químicos con declaración ambiental.

Palabras Claves: Tratamiento de aguas residuales, impacto ambiental y análisis de ciclo de vida.

ABSTRACT

This research is focused on determining the influence of wastewater treatment processes on the environmental impacts in the Totora WWTP for the year 2022, which is why we sought to determine the amounts of negative environmental impacts generated by the use of resources and energies in the treatment process. Thus, it was demonstrated that it is possible to estimate the amount of negative environmental impacts generated in the wastewater treatment process through the use of the guidelines of the Life Cycle Analysis (LCA) methodology and the use of the SimaPro software. The proposed methodology allowed us to rigorously analyze the negative environmental impacts generated by the treatment process, which for this study was divided into three phases: raw materials and transportation, construction of the WWTP, and use of the WWTP. The demolition and recycling phase of the WWTP was not considered because the study is focused on the year 2022. Likewise, as part of the study, the negative environmental impacts generated by the use of chemical inputs, the transportation of inputs, chemicals, electricity consumption, the use of concrete and reinforcing steel. The method used to calculate impacts was ReCiPe 2016 Midpoint (H). The environmental impact categories analyzed were global warming and eutrophication. The results of the environmental analysis indicate that 245945.76 Kg CO₂ eq and 4.13 Kg N eq were generated by the wastewater treatment process at the Totora WWTP during the year 2022. It is concluded that the wastewater treatment process generates negative environmental impacts due to the use of chemical inputs, the transportation of chemical inputs, the consumption of electricity, the use of concrete and reinforcing steel. Finally, they established alternative solutions to reduce negative environmental impacts such as the use of alternative compounds in partial replacement of cement and aggregates for the production of concrete, steel acquisition criteria, use of photovoltaic energy, use of chemical inputs with environmental declaration.

KEY WORDS: Sewage treatment, environmental impact and life cycle analysis.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales es aquel proceso que tiene como objetivo purificar las aguas contaminadas presentándose como una buena solución para la gestión y conservación del agua, no obstante, este proceso requiere del consumo de grandes cantidades de materiales, energías y tecnologías (Chávez, 2018), que generan impactos ambientales negativos. Es por ello que, el uso de la técnica de análisis de ciclo vida se presenta como una alternativa en el cálculo de los impactos ambientales negativos generados en el proceso de tratamiento, debido a que, esta técnica permite reconocer, medir y calificar las diferentes emisiones ambientales ocasionados en cada fase del ciclo de vida de un proceso o producto (Romero, 2003). Las definiciones y directrices en relación a la técnica de ACV se encuentran implementadas en la NTP ISO 14040:2017 y la NTP ISO 14044:2019. En el Perú, actualmente no existen muchos estudios de análisis de ciclo de vida implementados en plantas de tratamiento de aguas residuales (Chauca, 2015), por lo que se estaría ignorando y desconociendo los impactos ambientales negativos generados por el proceso de tratamiento. Es así que esta investigación se encuentra enfocada en el uso de la técnica de análisis de ciclo vida para identificar y cuantificar los impactos ambientales negativos generados por el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá en las categorías impacto ambiental de calentamiento global y eutrofización para el año 2022. El estudio se encuentra enfocado en el análisis de las fases de materias primas y transportes, construcción de la PTAR y uso de la PTAR, igualmente, en el análisis de los impactos ambientales negativos generados por el consumo de insumos químicos, transporte de insumos químicos, consumo de electricidad, el uso de acero de refuerzo y el uso del concreto. Se considera el uso del software SimaPro versión 9.5.0.2, para la cuantificar las cantidades de los impactos ambientales negativos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales. La presente investigación consta de los siguientes capítulos:

- **Capítulo I - Planteamiento del Problema:** Contiene la descripción de problema, los objetivos generales y específicos planteados en la investigación y la justificación e importancia para realización de esta tesis.
- **Capítulo II - Marco Teórico:** Comprende la revisión de recientes investigaciones a nivel nacional e internacional, además contiene la definición de las variables y dimensiones que se han elegido para esta investigación.
- **Capítulo III - Método de investigación:** Luego de realizar la revisión bibliográfica sobre el tema de investigación, se plantea las hipótesis evaluando las diversas variables consideradas. Además, se explica los procedimientos realizados en la investigación.

- **Capítulo IV - Resultados:** En esta parte se expondrá los resultados obtenidos de la aplicación de las fases del análisis de ciclo de vida y el uso del software Simapro con la finalidad de cuantificar y evidenciar los impactos ambientales negativos generados en tratamiento de agua residuales en PTAR de Totorá, después se presenta el análisis los resultados obtenidos y finalmente la contrastación de las hipótesis planteadas.
- **Capítulo V - Conclusiones:** Se presenta las conclusiones de sobre los impactos ambientales negativos generados en la PTAR de Totorá y también se presenta las recomendaciones según a las experiencias adquiridas durante la investigación. Además, se plantear posibles trabajos que se puedan realizar en el futuro.
- **Referencias bibliográficas:** Se presenta información de los materiales consultados y citados durante el desarrollo de la tesis.
- **Anexos:** Contiene la documentación obtenida para la investigación, el contrato académico con el PELCAN y el manual de uso del SimaPro.

DEDICATORIA

A mis padres Nery y Artemio, por sus consejos, comprensión, amor, y sobre todo por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi alma máter, del cual me siento orgulloso de haber pertenecido.
- A los docentes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y de manera muy especial a los docentes ingenieros de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, por su contribución durante mi desarrollo académico y profesional.
- Al MSc. Ing. Jaime Leonardo Bendezú Prado, mi asesor, por su apoyo y orientación para el desarrollo de la presente tesis.
- A la Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial – PELCAN, mi agradecimiento y gratitud por su apoyo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, MARZO DE 2024

Sergio Omar Palomino Taype

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ACRÓNIMOS	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Delimitación del problema	2
1.2.1. Espacial (Geográfica)	2
1.2.2. Temporal.....	2
1.2.3. Temática y unidad de análisis	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problema específico	3
1.4. Justificación e importancia.....	3
1.5. Limitaciones de la investigación	3
1.6. Objetivos de la investigación.....	4
1.6.1. Objetivo general	4
1.6.2. Objetivo específico	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Formulación del problema	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	8
2.2.1.1. Concepto de tratamiento de aguas residuales.....	8

2.2.1.2.	Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	9
2.2.1.3.	Componentes usados en el proceso de tratamiento de aguas residuales	11
2.2.1.3.1.	Insumos químicos.....	12
2.2.1.3.2.	Energía eléctrica	12
2.2.1.3.3.	Transporte de insumos químicos.....	13
2.2.1.3.4.	Infraestructura	14
2.2.2.	Impactos ambientales	17
2.2.2.1.	Definición de contaminación ambiental.....	17
2.2.2.2.	Categorías de contaminación ambiental.....	17
2.2.2.3.	Definición de impacto ambiental	18
2.2.2.4.	Categorías de impactos ambientales.....	18
2.2.3.	Análisis de ciclo de vida	21
2.2.3.1.	Historia del método de análisis de ciclo de vida.....	21
2.2.3.2.	Definición del análisis de ciclo de vida	21
2.2.3.3.	Metodología del análisis de ciclo de vida.....	22
2.2.4.	SimaPro.....	25
2.2.5.	Método ReCiPe 2016	26
CAPÍTULO III: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN		27
3.1.	Enfoque	27
3.2.	Alcance	27
3.2.1.	Tipo de investigación.....	27
3.2.2.	Nivel de investigación.....	27
3.3.	Diseño de investigación	27
3.4.	Población y muestra	28
3.4.1.	Población.....	28
3.4.2.	Muestra.....	28
3.5.	Hipótesis	28
3.5.1.	Hipótesis general	28
3.5.2.	Hipótesis específicas	28
3.6.	Operacionalización de variables.....	28
3.7.	Técnicas e instrumentos.....	29
3.8.	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	29
3.9.	Desarrollo del trabajo de tesis.....	30

3.9.1.	Detalles de infraestructura de la PTAR de Totora	30
3.9.1.1.	Ubicación de la PTAR de Totora	30
3.9.1.2.	Procesos de tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totora	31
3.9.1.2.1.	Tratamiento mecánico (pre tratamiento)	32
3.9.1.2.2.	Tratamiento biológico.....	33
3.9.1.2.3.	Post tratamiento	33
3.9.1.2.4.	Tratamiento de lodos	33
3.9.1.2.5.	Desinfección con cloro	34
3.9.2.	Insumos químicos usados en la PTAR de Totora	34
3.9.3.	Transporte de insumos químicos usados en la PTAR de Totora ...	35
3.9.4.	Consumo eléctrico de la PTAR de Totora	35
3.9.5.	Materiales de construcción usados en la infraestructura de la PTAR de Totora.....	36
3.9.6.	Análisis de ciclo de vida	38
3.9.6.1.	Definición del objetivo y alcance del ACV en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totora	38
3.9.6.1.1.	Objetivo del ACV.....	38
3.9.6.1.2.	Alcance del ACV.....	38
3.9.6.2.	ICV del proceso de tratamiento en la PTAR de Totora	44
3.9.6.3.	EICV del proceso de tratamiento en la PTAR de Totora	46
3.9.6.4.	Interpretación del ciclo de vida del proceso de tratamiento en la PTAR de Totora.....	51
3.9.6.4.1.	Soluciones para la disminución de los impactos ambientales negativos	56
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		61
4.1.	Contrastación de hipótesis.....	61
4.1.1.	Hipótesis general	61
4.1.2.	Hipótesis específica 1	63
4.1.3.	Hipótesis específica 2	64
4.1.4.	Hipótesis específica 3	64
4.1.5.	Hipótesis específica 4	65
4.2.	Análisis e interpretación.....	66
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		67
5.1.	Conclusiones.....	67

5.2. Recomendaciones	67
5.3. Trabajos futuros	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	77
Anexo A: Recibos del Consumo de Electricidad-PTAR de Totorá	78
Anexo B: Lista de Insumos Químicos – PTAR de Totorá	89
Anexo C: Lista de Proveedores de Insumos Químicos	90
Anexo D: Plano General de la PTAR de Totorá.....	91
Anexo E: Contrato de Académico – PELCAN-PUCP	93
Anexo F: Manual de Uso del Software SimaPro.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Ciclo de manejo de las aguas residuales.....	8
2.2. Procesos del tratamiento de aguas residuales en una PTAR.....	9
2.3. Emisión de dióxido de carbono por la producción de electricidad y calor..	13
2.4. Evolución de emisiones de GEI del transporte público	14
2.5. Emisión de dióxido de carbono por la producción de cemento	15
2.6. Emisión de dióxido de carbono por la producción de hierro y acero.....	16
2.7. Estadística ambiental - Emisiones de dióxido de carbono equivalente en el Perú	20
2.8. Componentes de un ciclo de vida.....	22
2.9. Fases de un estudio de análisis de ciclo de vida.....	23
2.10. Descripción de las categorías de impacto ambiental que considera el ReCiPe 2016 y su relación las áreas de protección	26
3.1. Vista satelital de la planta de tratamiento de Totora	30
3.2. Esquema del sistema de tratamiento de aguas servidas de la PTAR de Totora.	31
3.3. Caracterización del ciclo de vida de los procesos en relación con las categorías de calentamiento global y eutrofización	49
3.4. Diagrama de red del ciclo de vida representando las emisiones de CO ₂ asociadas al proceso de tratamiento.....	50
3.5. Caracterización del ciclo de vida del proceso de tratamiento de aguas residuales	51
3.6. Caracterización del ciclo de vida de la fase de materias primas y transportes	53
3.7. Caracterización del ciclo de vida de la fase de construcción de PTAR.....	54
3.8. Caracterización del ciclo de vida de la fase de uso de la PTAR	55
3.9. Inventario de ciclo de vida para sistema fotovoltaico para la zona rural de la selva peruana	59
4.1. Comparación de emisión en Kg CO ₂ eq/m ³ de agua tratada.....	62
4.2. Comparación de emisión en Kg N eq/m ³ de agua tratada	63

ÍNDICE DE CUADROS

2.1. Cuadro de categorías de impactos ambientales - ReCiPe	18
3.1. Cuadro de operacionalización de variables.....	28
3.2. Técnicas e instrumentos usados en la recopilación de datos	29
3.3. Cantidad de insumos químicos usados en la PTAR de Totora en el año 2022	34
3.4. Distancia recorrida en el transporte de insumos químicos usados en la PTAR de Totora en el año 2022.....	35
3.5. Consumo de energía eléctrica de la PTAR de Totora en el año 2022	36
3.6. Cantidad de concreto usado en la infraestructura de la PTAR de Totora ..	36
3.7. Cantidad de acero usado en la infraestructura de la PTAR de Totora.....	37
3.8. Cuadro calidad de datos.....	42
3.9. Inventario de ciclo de vida para tratamiento de 1m ³ de agua residual en la PTAR de Totora.....	44
3.10. Tabla de análisis de impacto del proceso de tratamiento expresadas en porcentaje	49
3.11. Tabla de análisis de impacto del proceso de tratamiento expresadas en cantidades numéricas	52
3.12. Tabla de análisis de impactos de la fase de materias primas y transportes en cantidades numéricas	53
3.13. Tabla de análisis de impactos de la fase de uso de la PTAR en cantidades numéricas.....	55
3.14. Cantidad de emisión de CO ₂ generada por la producción de energía eléctrica convencional y fotovoltaica, método IPCC	60
4.1. Resultados del ACV del proceso de tratamiento	61
4.2. Comparación con otras investigaciones que usan el ACV	62
4.3. Resultados del ACV respecto a los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento	64
4.4. Resultados del ACV respecto al consumo de energía eléctrica en el proceso de tratamiento	64
4.5. Resultados del ACV respecto al transporte de los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento.....	65
4.6. Resultados del ACV respecto a la infraestructura usada en el proceso de tratamiento	65

ACRÓNIMOS

- ACV:** Análisis de Ciclo de Vida
- ANA:** Autoridad Nacional del Agua
- DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno
- EICV:** Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida
- EPA:** Environmental Protection Agency
- GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- ICC:** Impacto de Cambio Climático
- ICV:** Inventario de Ciclo de Vida
- INACAL:** Instituto Nacional de Calidad
- INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática
- ISO:** International Organization for Standardization
- MINAM:** Ministerio del Ambiente
- MINEM:** Ministerio de Energía y Minas
- NDC:** Nationally Determined Contributions
- OEFA:** Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- ONU:** Organización de las Naciones Unidas
- OSINERGMIN:** Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
- PTAP:** Planta de Tratamiento de Agua Potable
- PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- SEDA AYACUCHO:** Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho
- SEDAPAL:** Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
- SENCICO:** Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción
- SINIA:** Sistema Nacional de Información Ambiental
- SUNASS:** Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Los problemas medio ambientales reciben cada vez más atención en los últimos años y se han tomado acciones para poder disminuirlos. Algunas de estas acciones tomadas son evaluar y comprender las causas de los problemas ambientales originados por las diferentes actividades humanas (Al-Dosary, Galal, & Abdel-Halim, 2015). En este contexto, la sociedad exige que todos los procesos, productos o servicios también deben ser evaluados desde un punto de vista ambiental, incluidas aquellas que son consideradas como soluciones de emisiones ambientales, como son las plantas de tratamiento de aguas residuales. En estas plantas de tratamiento se llevan a cabo una variedad de procesos donde se usan energías y recursos de diversas características que generan impactos ambientales negativos. Por tanto, es necesario analizar estos procedimientos para determinar la contaminación global asociada a estas actividades (Gallego, Hospido, Moreira, & Feijoo, 2008). Uno de los recursos utilizados en el proceso de tratamiento de aguas residuales, son los insumos químicos, que a pesar de presentar múltiples beneficios respecto a su uso, es causante de la producción de emisiones ambientales en el agua, el suelo y el aire (Santos, Barbosa-Póvoa, & Carvalho, 2019), así mismo, en relación a lo antes mencionado se encuentra involucrado el transporte de estos insumos químicos, puesto que se evidenció que el sector de transporte terrestre es considerado como causante de la emisión de cargas ambientales (Eriksson, Blinge & Lövgren, 1996), así mismo, se presenta el consumo de la energía eléctrica que también se encuentra involucrado en generación crítica de impactos ambientales (Vetroni et al, 2020). Respecto a la infraestructura de una PTAR, se utilizan una gran variedad de materiales de construcción de la que destacan el uso de concreto y acero, se encuentran involucrados directamente con la creación de cargas ambientales (Jonsson, Bjorklund & Tillman, 1998).

Es así que presenta un problema respecto al desconocimiento sobre los impactos ambientales negativos ocasionados por el tratamiento de aguas residuales, aún más sabiendo que en el Perú diariamente en promedio son vertidas 2.59 millones de metros cúbicos de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, que posteriormente, necesitan de un tratamiento antes de su disposición en el medio ambiente o su reúso (SUNASS, 2016), y además que la OEFA (2014) menciona que para el año 2024, el Perú generará aproximadamente 4.84 millones de metros cúbicos de aguas residuales por día a nivel nacional.

Respecto a la ciudad de Ayacucho, también puede observar un incremento en la producción de aguas residuales, esto debido a que, la PTAR de Totorá que es la infraestructura utilizada para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los distritos metropolitanos de Ayacucho, Jesús Nazareno, San Juan Bautista, Carmen Alto y Andrés Avelino Cáceres, registró que en el año 2017 se trataron 11824387.06 metros cúbicos de aguas residuales (SEDA-AYACUCHO, 2017) y para el año 2022 se trataron 12116748.51 metros cúbicos de aguas residuales. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se intuye que también existe un incremento respecto al consumo de los recursos y las energías implicados en el proceso de tratamiento, lo cual, traerían como consecuencias un incremento en la producción impactos ambientales negativos, es por ello que, es importante identificar y cuantificar los impactos ambientales negativos generadas en el proceso de purificación de aguas residuales, y así conocer los puntos críticos y establecer medidas y acciones adecuadas contra este problema.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (Geográfica)

La investigación se llevará a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales de Totorá, Distrito de Jesús Nazareno, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.

1.2.2. Temporal

La investigación periodo de 12 meses, desde enero hasta diciembre de 2022.

1.2.3. Temática y unidad de análisis

La unidad de análisis es volumen de agua residual tratada en la planta de tratamiento de Totorá.

La temática es realizar la recolección de datos sobre la cantidad de las sustancias químicas usadas, el consumo mensual de energía eléctrica, la distancia recorrida en el traslado de las sustancias químicas, cantidad de acero de refuerzo y concreto utilizado en la infraestructura de la planta. Después se hará una organización de los datos recopilados y se le aplicará todas las fases de la técnica de análisis de ciclo de vida complementado con uso del software SimaPro, el cual nos ayudará a evidenciar y cuantificar los impactos ambientales negativos generados por el proceso tratamiento de aguas residuales.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera los procesos de tratamiento en la PTAR de Totorá influyen en el impacto ambiental negativo durante el año 2022?

1.3.2. Problema específico

1. ¿De qué manera el uso de insumos químicos en proceso de tratamiento en la PTAR de Totora influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022?
2. ¿De qué manera el consumo de energía eléctrica en proceso de tratamiento en la PTAR de Totora influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022?
3. ¿De qué manera el transporte de los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totora influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022?
4. ¿De qué manera la infraestructura usada en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totora influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022?

1.4. Justificación e importancia

En ciudad de Ayacucho, el tratamiento de aguas residuales se realiza en la PTAR de Totora, que se encuentra administrada por la institución SEDA AYACUCHO. La mencionada institución en sus reportes de memorias anuales, indican que en el año 2017 el volumen anual de agua residual tratada fue 11824387.06 metros cúbicos (SEDA-AYACUCHO, 2017), en el año 2018 el volumen anual de agua residual tratada fue 11120319 metros cúbicos (SEDA-AYACUCHO, 2018), en el año 2019 el volumen anual de agua residual tratada fue 11656903 metros cúbicos (SEDA-AYACUCHO, 2019) y en el año 2021 el volumen anual de agua residual tratada fue 11656590.01 metros cúbicos (SEDA-AYACUCHO, 2021). Como se observa la cantidad de aguas residuales tratadas es significativa, lo cual implica un gran uso de insumos químicos y de energía eléctrica, que podrían estar generando problemas ambientales.

Es por ello que la importancia de esta investigación radica en que es necesario evidenciar los impactos ambientales negativos generados por el tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totora, ya que en actualidad no se le presta mucha atención, por tanto, no se están tomando acciones adecuadas para poder reducir dichas emisiones ambientales. Finalmente, esta investigación surge con el objetivo de evidenciar los impactos ambientales negativos que se podrían estar ocasionando en la ejecución de actividades y procesos y así poder aprender e implementar este tipo de estudios durante la ejecución de proyectos civiles, ya que estos proyectos contemplan un conjunto de actividades interrelacionadas que consumen muchos recursos y energías.

1.5. Limitaciones de la investigación

- Poca información de estudios sobre el uso del análisis de ciclo de vida en plantas de tratamientos de aguas residuales en el Perú.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de los diversos procesos tratamiento en la PTAR de Totorá en el impacto ambiental negativo durante el año 2022.

1.6.2. Objetivo específico

1. Evaluar la influencia del uso de insumos químicos en el impacto ambiental negativo generado en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá en el año 2022.
2. Evaluar la influencia del consumo de energía eléctrica en el impacto ambiental negativo generado en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá en el año 2022.
3. Evaluar la influencia del transporte de los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá en el impacto ambiental negativo en el año 2022.
4. Evaluar la influencia de la infraestructura usada en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá en el impacto ambiental negativo en el año 2022.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Formulación del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

[Liao, X., Tian, Y., Gan, Y., & Ji, J. \(2020\)](#), en su artículo "Quantifying urban wastewater treatment sector's greenhouse gas emissions using a hybrid life cycle analysis method – An application on Shenzhen city in China", explican que se realizó un estudio de los impactos ambientales producidos por el tratamiento de aguas residuales, donde se analizaron 26 plantas de tratamiento de aguas residuales, de un total de 32 plantas. Los datos utilizados para este estudio fueron el consumo de electricidad en las diferentes etapas del tratamiento de las aguas residuales, las sustancias químicas, costos de mano de obra, etc. Posteriormente se aplicó el método de análisis de ciclo de vida para poder cuantificar los impactos ambientales, principalmente por gases de efecto invernadero. Los resultados obtenidos indican que, de estas 26 plantas, 5 plantas utilizan la tecnología AAO-MBR, que origina la mayor emisión de gases de efecto invernadero, con un promedio de 0.79 toneladas por metro cúbico (m³) de agua tratada, esto se debe al su gran consumo eléctrico que requiere. Mientras que las otras plantas usan otras tecnologías que emiten de 0.27 a 0.39 toneladas de gases de efecto invernadero por metro cúbico (m³) de agua tratada. Además, indican que la relación de emisiones de gases de efectos invernaderos están relacionados con el uso de electricidad, que van del 65% al 75%.

[Shao et al \(2021\)](#), en su artículo "Environmental tradeoffs in municipal wastewater treatment plant upgrade: a life cycle perspective", indican que se aplicó el análisis de ciclo de vida a una planta de tratamiento urbana, donde se consideró cuatro escenarios que implican una mejora y una recuperación de los recursos energéticos, además analizaron las emisiones de GEI en todo el proceso de purificación de las aguas residuales y también se analizó el impacto generado por la eutrofización. Como consecuencias de la aplicación de las mejoras mencionadas se obtuvieron resultados óptimos, ya que la planta de tratamiento estudiada en las proyecciones calculadas las medidas de descarga de fósforo total cumplirían con los estándares establecidos y tendría como consecuencia una reducción de 19% el impacto de la eutrofización, no obstante, aumentaría las emisiones de GEI aproximadamente en un 16%.

[Parra-Saldivar, R., Bilal, M., & Iqbal, H. \(2020\)](#), en su artículo "Life cycle assessment in wastewater treatment technology", realizaron un análisis de literatura de estudios donde se utilizó el ACV en el tratamiento de aguas residuales. Indican que de un total de 369 estudios que contenían el término ACV

independientemente del campo de aplicación y el tipo de artículo registrados en la página web "<https://www.scopus.com>", solamente usaron 15 artículos para la elaboración de su investigación. Los resultados del análisis literario indican que la herramienta del ACV es muy útil para la cuantificación de los impactos ambientales, y además que el ACV muestra la incidencia de los diferentes procesos que se realizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales en la generación de impactos ambientales. Finalmente se menciona que los estudios revisados sugieren que el ACV puede reducir la carga medio ambiental, ya que nos ayuda a determinar alternativas para la reducción de impactos ambientales.

[Figuroa & Collazos \(2019\)](#), en su artículo "Determinación de impactos ambientales en planta de tratamiento de aguas residuales mediante análisis de ciclo de vida ambiental-ACV", realizó en un estudio de impactos ambientales, generados por funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales en Guatemala. El estudio impacto ambiental fue mediante la metodología ACV. Las categorías de impacto ambiental consideradas en la investigación fueron: el agotamiento de recursos abióticos, el cambio climático, la eutrofización e índice de carga contaminante. Los resultados obtenidos después de análisis de ciclo de vida indican que el índice de cambio climático fue 0.76 Kg/m^3 de CO_2 eq, el impacto ambiental por eutrofización en el afluente fue 0.34 Kg de PO_4^{-3} eq y en el efluente fue 0.072 Kg de PO_4^{-3} eq, mientras que el agotamiento de recursos abióticos de $3.46 \text{ MJ Sb eq por m}^3$, e índice de carga contaminante fue 55.10, para la categoría de contaminación hacia el cuerpo receptor.

[Riffo \(2017\)](#), en su tesis titulada, "Análisis de ciclo de vida para una planta de tratamiento de aguas residuales: potencial de calentamiento global generado por PTAR Talagante", sustentada a la Universidad de Chile para la obtención del título de ingeniera civil química, aplicó el análisis de ciclo de vida sobre el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta de Talagante, para poder calcular específicamente la emisión de gases de efecto invernadero. En los resultados de este estudio nos indica que la emisión más grande es del óxido nitroso (N_2O) que se genera en el tratamiento biológico de las aguas residuales, la emisión que le sigue a esta, es el dióxido de carbono (CO_2) que se originan debido al consumo de energía eléctrica y además menciona que las actividades que poseen la menor emisión corresponden al transporte y la producción de químicos. Finalmente propone una serie de medidas para poder reducir los impactos ambientales por el tratamiento de aguas residuales, como: la utilización de motores de cogeneración que consuman biogás, realizar constantemente mediciones del óxido nitroso, realizar la optimización del ingreso del aire en el tratamiento biológico y usar de la tecnología Anammox.

2.1.2. Antecedentes nacionales

[Torre \(2018\)](#), en su tesis titulada, "Diseño y análisis ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Huaraz", sustentada a la Pontificia Universidad Católica del Perú para la obtención del título de ingeniero civil, realizó un estudio donde combinó instrumentos de diseño y gestión ambiental, para ello utilizó el software Bio Win 5 para poder modelar trenes de tratamiento y determinar la calidad del agua, adicionado a esto utilizó las bases teóricas de la técnica de Análisis de Ciclo de Vida complementado con el uso del software Simapro para poder analizar y comparar de manera inflexible los impactos ambientales ocasionados por la implementación de la PTAR, así mismo por la falta de esta infraestructura.

[Montoya \(2021\)](#), en su tesis titulada, "Análisis de Ciclo de Vida de la potabilizadora de La Atarjea, ubicada en la ciudad de Lima", sustentada a la Pontificia Universidad Católica del Perú para la obtención del título de ingeniera civil, realizó un análisis ambiental de la planta de tratamiento de agua potable de La Atarjea usando la metodología de ACV donde la unidad de estudio fue de 1 m³ de agua potabilizada. El periodo de estudio fueron los 12 meses del año 2016. Los datos que uso en la investigación fueron obtenidos de visitas realizadas en la planta potabilizadora y también del anuario estadístico de SEDAPAL. En los resultados que obtuvo, nos indica que en la categoría de cambio climático el impacto fue 0.067 Kg CO₂ - eq / m³. Además, indica que el uso de sulfato de cobre representa el 50% y 40% de los impactos ambientales por eutrofización de agua dulce y agua de mar, respectivamente. Asimismo, indica que el 22% de los impactos por acidificación del suelo están relacionados al uso de sulfato de aluminio.

[Cáceres \(2016\)](#), en su tesis titulada, "Beneficios ambientales del control de pérdidas en un sistema convencional de tratamiento de agua potable", sustentada a la Pontificia Universidad Católica del Perú para la obtención del título de ingeniera civil, realizó un estudio ambiental usando el ACV en la planta de tratamiento de agua potable de Chen Chen, que se encuentra en la ciudad de Moquegua. El estudio se enfocó principalmente en analizar los impactos originados por el consumo de energía eléctrica y uso de sustancias químicas en proceso de purificación de aguas residuales. Finalmente, en resultados se observa que los impactos ambientales más significativos se presentan en la fase de operación, donde el uso de policloruro de aluminio (PAC), cloruro férrico (FeCl₃) y el transporte de las sustancias químicas representa aproximadamente el 60% de las categorías de impacto ambiental.

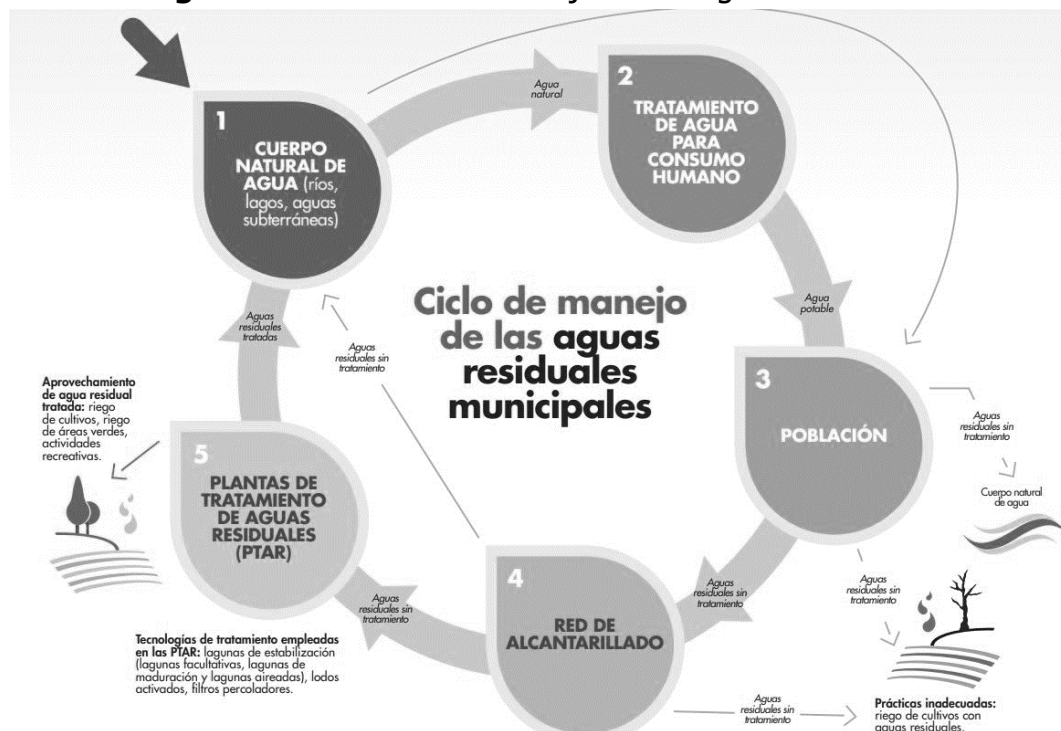
2.2. Bases teóricas

2.2.1. Procesos de tratamiento de aguas residuales

2.2.1.1. Concepto de tratamiento de aguas residuales

ANA (2017) mencionan que las aguas residuales son las aguas cuyas propiedades originales han sido alteradas por las actividades del hombre, que pueden ser evacuadas a un cuerpo natural de agua o reutilizadas, y que por sus propiedades de calidad necesitan de un tratamiento previo. El tratamiento de aguas residuales es una de las principales herramientas en la gestión del agua, ya que tiene como objetivo principal purificar aguas contaminadas realizando procesos físicos, químicos y biológicos. SENCICO (2006) en la norma OS.090, menciona que el tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo mejorar la calidad del agua para que estas puedan cumplir con las normativas de calidad del cuerpo receptor o las normativas de reutilización. Es muy importante indicar que si no se efectuaría el tratamiento de aguas residuales, entonces habría un discurrimiento sin control de aguas contaminadas que producirían muchos problemas, la OEFA (2014) menciona que se generarían problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua, en consecuencia a esto, por medio de la infiltración, estas aguas contaminadas llegarían hasta el subsuelo contaminando las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos que afectarían la salud de las personas, las plantas y los animales que se encuentren en el lugar.

Figura N°2.1: Ciclo de manejo de las aguas residuales



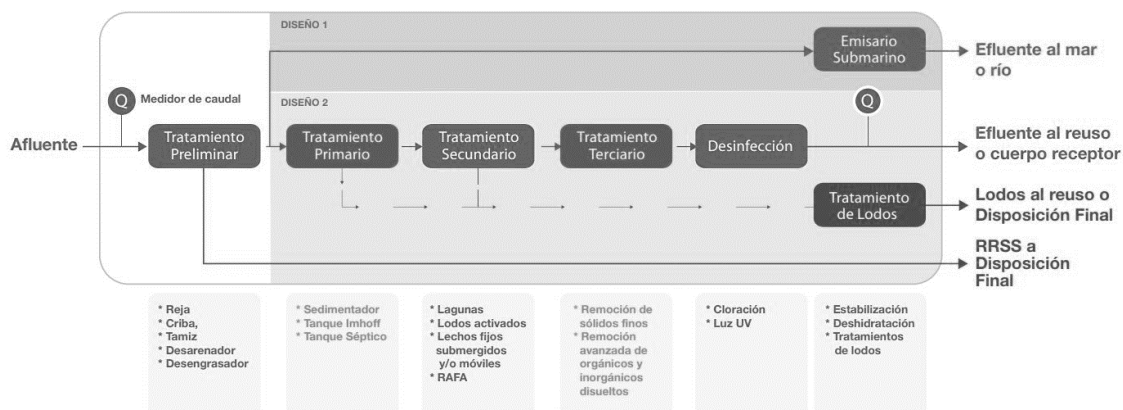
Fuente: OEFA, 2014

En la figura N°2.1 se muestra claramente que el tratamiento de aguas residuales una parte esencial en ciclo de reutilización del agua.

2.2.1.2. Procesos de tratamiento de aguas residuales

Respecto a los niveles o procesos ejecutados para el tratamiento de aguas residuales, la [SUNASS \(2016\)](#) indica que el tipo de tecnología usado en una planta de tratamiento de aguas residuales depende a la calidad que se desea alcanzar según las normas establecidas. Una vez cumplida con los rangos de calidad recién se puede verter el agua tratada a un cuerpo natural o lo se puede reutilizar sin afectar la salud de las personas y cumplir con las normas ambientales vigentes. En la figura N°2.2 se presenta un esquema de las etapas de tratamiento que normalmente tiene una PTAR.

Figura N°2.2: Procesos del tratamiento de aguas residuales en una PTAR



Fuente: SUNASS, 2016

En el Perú, la norma técnica OS.090 establece los procesos que se deben de realizar en el tratamiento de aguas residuales, los cuales son:

a. Tratamiento preliminar

El [MINAM \(2009\)](#), menciona que el tratamiento preliminar es aquel proceso que tiene como objetivo la retención de sólidos finos y gruesos que tienen mayor densidad que el agua y arenas, para ello los elementos utilizados son las rejas gruesas, rejas finas, desarenadores y tamices (en casos especiales). Además, estas unidades sirven para evitar inconvenientes por el paso de basuras, plásticos, arenas, etc., hacia las infraestructuras de los procesos que continúan al tratamiento preliminar. La [SUNASS \(2016\)](#) indican que el tratamiento preliminar adiciona mecanismos de acondicionamiento de las aguas residuales como la remoción de arenas, componentes gruesos, sedimentables, flotantes y grasas. Las unidades consideradas en el tratamiento preliminar son: tamices, rejas, desarenador y desengrasador.

[SENCICO \(2006\)](#) mediante la norma técnica OS.090 indica que utilizar en el tratamiento de aguas residuales municipales son las cribas y los desarenadores.

b. Tratamiento primario de aguas residuales

[SENCICO \(2006\)](#) en la norma OS.090, menciona que el objetivo del tratamiento primario es la eliminación de los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables presentes en las aguas residuales y así disminuir la carga para el tratamiento biológico. El [MINAM \(2009\)](#) refiere que el tratamiento primario es aquel proceso que permite remover el material suspendido proveniente del tratamiento preliminar, este proceso permite quitar entre el 60% a 70% del total de material suspendido e incluso un 30% de la DBO orgánica sedimentable presente en el agua residual. Este proceso no tiene influencia respecto al material coloidal o sustancias diluidas en el agua. Los equipos utilizados en el tratamiento primario pueden ser: tanques de sedimentación, tanques de flotación y tanques Imhoff.

c. Tratamiento secundario de aguas residuales

El tratamiento secundario se caracteriza por la incorporación de procesos biológicos en el tratamiento de aguas residuales, donde el objetivo principal es la remoción de entre el 50% al 95% de la DBO presente en el agua residual mediante reacciones bioquímicas generadas por microorganismos ([MINAM, 2009](#)). La [SUNASS \(2016\)](#) indica que el tratamiento secundario tiene como objetivo eliminar la materia orgánica y los sólidos en suspensión para cumplir con los límites máximos permisibles de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos. En esta etapa, la tecnología más usada son diferentes tipos de lagunas, que pueden ser: lagunas anaerobias, lagunas aireadas y lagunas facultativas, estas infraestructuras pueden ser usadas de forma individual o de forma combinada.

d. Tratamiento terciario de aguas residuales

[MINAM \(2009\)](#) indica que el tratamiento terciario es aquel proceso que tiene como fin principal prevenir la descarga de aguas residuales que presentan un tratamiento previo, puesto que pueden ocasionar eutrofización en los cuerpos de agua de baja circulación, esto debido que estas aguas contienen nutrientes como el fósforo y nitrógeno que facilitan el surgimiento de algas que posteriormente consumen el oxígeno disuelto de las aguas afectando la vida acuática del cuerpo receptor, es por ello que el tratamiento terciario se enfoca en la remoción de estos nutrientes. La [SUNASS \(2016\)](#) menciona que el tratamiento terciario contempla la consideración de mecanismos biológicos o fisicoquímicos para conseguir un tratamiento superior en comparación al

tratamiento secundario. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros.

e. Desinfección

El [MINAM \(2009\)](#) menciona que el proceso de desinfección tiene como objetivo reducir la cantidad de virus y bacterias presentes en las aguas residuales tratadas antes de ser vertidas a un cuerpo de agua. El componente más utilizado en este proceso es el cloro que tiene como fin destruir los organismos patológicos que podría causar problemas de salud pública. La [SUNASS \(2016\)](#) explica que la desinfección mediante el uso de procesos químicos o físicos tiene por objetivo la eliminación de los agentes patógenos presentes en las aguas residuales y así cumplir con los límites máximos permisibles. Esta es la etapa en el proceso de tratamiento de aguas residuales donde se usará la mayor cantidad de insumos químicos. El proceso de desinfección de aguas residuales puede ser ejecutado mediante tres métodos los cuales son: la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV).

f. Tratamiento de lodos

El proceso de tratamiento de las aguas residuales genera una serie de residuos que son producto de los procesos de tratamiento ejecutados. Los procesos del tratamiento primario y secundario se generan lodos con elevado contenido de material orgánico e inorgánico que son eliminados periódicamente puesto que no tienen un uso establecido. Respecto a los lodos producidos durante el tratamiento terciario, si son debidamente preparados y tratados mediante procesos de deshidratación o tratamientos especiales pueden ser utilizados en el campo de la agricultura debido a su alto contenido orgánico. Unos de los problemas que presentan respecto al tratamiento de lodos es el volumen producido, que se puede controlar y disminuir mediante el uso de reactores de tratamiento anaeróbico ([MINAM, 2009](#)). Esta etapa del proceso de purificación de aguas residuales tiene como objetivo el tratamiento de los lodos que presentan concentraciones altas de sustancias volátiles que requieren ser estabilizados por separado, esta estabilización puede ser: aeróbica, anaeróbica o química.

2.2.1.3. Componentes usados en el proceso de tratamiento de aguas residuales

Para poder realizar el tratamiento de aguas residuales se requiere básicamente de una infraestructura adecuada y funcional, complementado con el uso insumos químicos, energías y otros recursos se consigue el objetivo principal que consiste en la purificación de aguas contaminadas. Los componentes más importantes respecto a lo antes mencionado son:

2.2.1.3.1. Insumos químicos

Se define como insumo químico a toda aquella sustancia que por sí solo o mezclado con otros compuestos cumple una determinada función. Los insumos químicos tienen como objetivo mejorar y optimizar las actividades relacionadas a satisfacer necesidades. Los insumos químicos son utilizados en diversas actividades como la agricultura, las construcciones civiles, la producción minera, la industria farmacéutica, el tratamiento de aguas contaminadas, la industria alimenticia, la producción de manufacturas, entre otras. Aunque la producción de insumos químicos representa una solución para muchos problemas, [Romero \(2009\)](#) menciona que la industria química requiere del uso de materias primas y energías que podrían generar la emisión de contaminantes.

Los insumos químicos son unos de los recursos más utilizados durante el proceso de tratamiento de aguas de aguas residuales. [Fantke & Ernstoff \(2017\)](#) exponen que los insumos químicos normalmente en su etapa de fabricación se generan impactos ambientales. Así mismo, [Alvarez-Gaitan et al \(2013\)](#) indican que la producción de los insumos químicos que se usan en el tratamiento de las aguas residuales se encuentra vinculados directamente con la generación de impactos ambientales negativos, puesto que en su investigación se evidenció la propagación de emisiones ambientales relacionadas a siete categorías de impacto ambiental debido al consumo de la electricidad, el gas natural y otros compuestos químicos usados como materias primas.

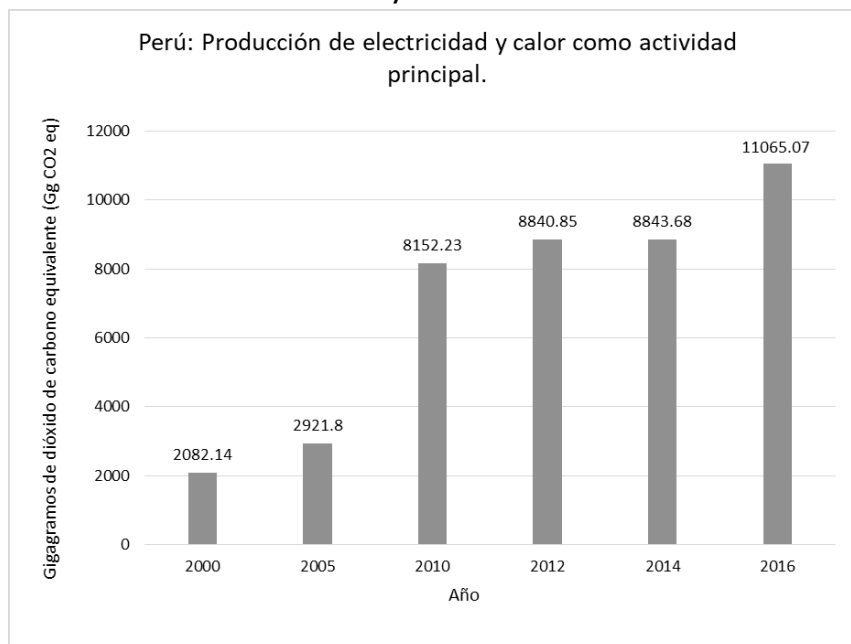
El uso de insumos químicos durante el proceso de tratamiento de aguas residuales generalmente se da en la etapa de desinfección, es por ello que [Cano, García, & López \(2019\)](#) proponen como solución el uso de tecnologías alternativas para la desinfección, sugiriendo el uso del ozono o la radiación ultravioleta en reemplazo de los insumos químicos.

2.2.1.3.2. Energía eléctrica

La energía eléctrica es generada mediante la transformación de la energía que es originada por actividades mecánicas del tipo hidráulico, solar, térmico, eólico, nuclear, etc. ([Rebolledo et al, 2022](#)). Los procesos de tratamiento en una PTAR se realizan las 24 horas del día, todos los días sin excepción. Debido a esto, las PTAR requieren de un suministro constante de energía, por eso, generalmente se opta por el uso de la energía eléctrica. Además, es importante mencionar que el acceso a la energía eléctrica influye directamente en la elección de las tecnologías utilizadas en el proceso de tratamiento, por ejemplo, permitiría el uso de equipos mecánicos durante el tratamiento preliminar, así mismo, utilizar un sistema de mediciones automáticas del caudal del afluente y efluente ([SUNASS, 2016](#)). La producción de energía eléctrica influye directamente en la emisión de gases de efecto invernadero debido a que se consumen combustibles no renovables como el carbón, el petróleo residual, el diésel, el gas natural, el

bagazo y el biogás (MINEM, 2020). En el Perú la energía eléctrica es por centrales hidroeléctricas, centrales termoeléctricas, sistemas fotovoltaicos y la transformación de energía eólica en energía eléctrica. OSINERGMIN (2023) indica que para el año 2022, las centrales hidroeléctricas produjeron el 51% del total energía eléctrica producida en el país, seguido por las centrales termoeléctricas que generaron el 44%, la energía eólica el 3% y la energía solar el 2%. Respecto a la emisión de dióxido de carbono ocasionadas por la producción de electricidad y calor en el Perú, INEI (2022) mediante la figura N°2.3 se puede entender que existe un incremento considerable respecto a las emisiones de CO₂.

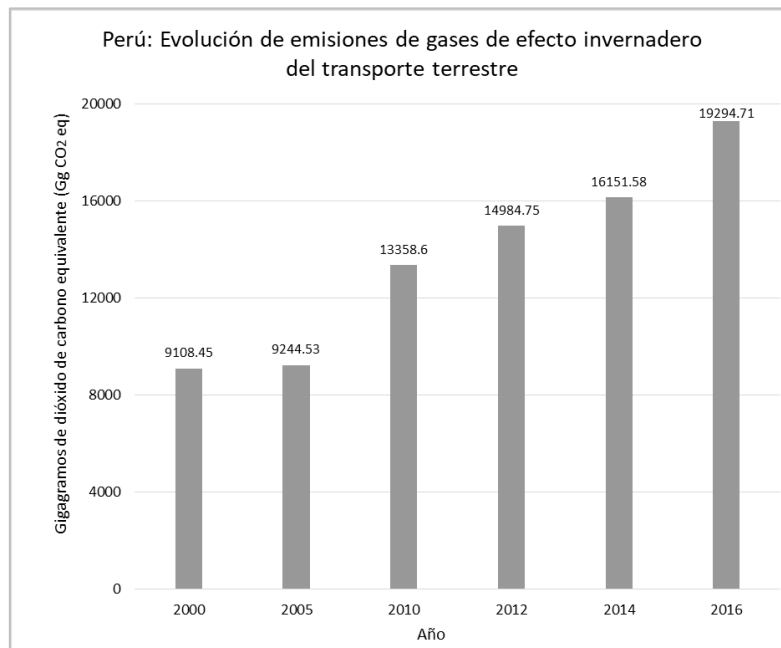
Figura N°2.3: Emisión de dióxido de carbono por la producción de electricidad y calor



Fuente: Adaptación de lo indicado por la INEI, 2022.

2.2.1.3.3. Transporte de insumos químicos

El transporte de insumos químicos es una parte relevante del proceso de tratamiento de aguas residuales, puesto que está relacionado directamente con el consumo de insumos químicos, ya que si existe un mayor consumo de los insumos químicos en el proceso de tratamiento en consecuencia se requerirá de un incremento en el transporte de estos insumos desde los lugares de producción o almacenes de proveedores hacia la planta de tratamiento. Este punto cobra mayor importancia cuando se hace referencia a las emisiones de gases de efecto invernadero relacionados con los medios de transporte. INEI (2022) describe la evolución de emisiones de gases de efecto invernadero generados por el transporte terrestre en el Perú para los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016. Los resultados expuestos en la figura N°2.4 indican que las emisiones de CO₂ generado por el transporte terrestre presentan un evidente incremento.

Figura N°2.4: Evolución de emisiones de GEI del transporte público

Fuente: Adaptación de lo indicado por la INEI, 2022.

En este sentido el transporte de los insumos químicos puede ser perjudicial, puesto que en el recorrido que realizan los vehículos que transportan los insumos se podrían estar generando impactos ambientales negativos por la emisión de gases contaminantes. Es posible determinar el impacto ambiental generado por el transporte tomando en cuenta los kilómetros recorridos por los vehículos, para ello no solo se debe considerar la distancia recorrida a nivel local, también se debe tomar en cuenta a nivel nacional si el insumo fue trasladado desde otro punto del país, inclusive se debe considerar el recorrido a nivel internacional en el caso de que el insumo químico fue importado de otro país.

2.2.1.3.4. Infraestructura

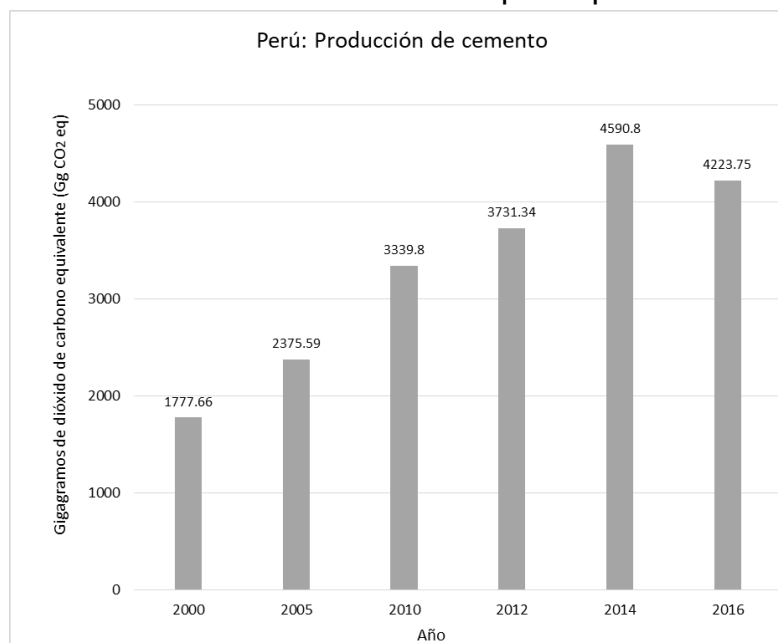
Thacker et al (2019) mencionan que una infraestructura forma parte de la columna vertebral de toda sociedad, ya que proporcionan servicios esenciales como la disposición de energías, suministro de agua, gestión de residuos, gestión de aguas contaminadas, transporte, telecomunicaciones, educación, salud, etc. Respecto a la gestión de aguas contaminadas, la infraestructura destinada para esta labor son las plantas de tratamiento de aguas residuales. Las PTAR cuentan con diversos componentes, SUNASS (2016) indica que deben de contar con infraestructuras para los procesos del tratamiento, edificio de operaciones, laboratorios y acceso a energía eléctrica. No obstante, es importante tener en cuenta que las infraestructuras pueden originar impactos ambientales negativos durante su etapa de construcción y su etapa de operación, puesto que se consumen diversos recursos y energías que están relacionados directamente con la emisión de gases de efecto invernadero y otros (Thacker et al, 2019). Los

insumos más utilizados durante la etapa de construcción de infraestructuras son el concreto y el acero.

a. Concreto

El concreto es un material que se encuentra compuesto por agregados, aire, agua y cemento portland. [De Rooij, Van Tittelboom, De Belie y Schlangen \(2013\)](#) indican que el concreto es uno de los materiales más utilizados y difundidos en las construcciones, siendo su durabilidad su principal beneficio, pues al tener un mayor tiempo de vida útil, demandaría menor coste de producción y por ende una reducción de la explotación de materia prima, no obstante, [Sanguinetti y Ortiz \(2014\)](#) nos indican que en cuanto al impacto ambiental, el empleo de concreto implica grandes perjuicios debido a los altos niveles de energía consumida y CO₂ liberada durante su fabricación. [Abanto \(2018, p.\)](#) menciona que el principal elemento utilizado en la elaboración del concreto es el cemento portland esto debido a sus propiedades de cohesión y adherencia, además de que brinda buena resistencia a la compresión, no obstante, [INEI \(2022\)](#) describe que la fabricación de cemento en el Perú presenta influencia directa en emisión de dióxido de carbono, tal como se muestra en la figura N°2.5 se puede evidenciar la existencia de la emisión de dióxido de carbono, con un ascenso considerable respecto a las cantidades producidas.

Figura N°2.5: Emisión de dióxido de carbono por la producción de cemento



Fuente: Adaptación de lo indicado por la INEI, 2022.

b. Acero

El acero es uno de los materiales más resistente, dúctil y frecuentemente usado en la construcción de infraestructuras de concreto armado. [Polo \(2016\)](#)

menciona que el acero es obtenido de la aleación o combinación del carbono y el hierro. Respecto a la fabricación del acero con relación a los aspectos medio ambientales, [Gervásio \(2010\)](#) indica que las emisiones más significativas son hacia la atmósfera, principalmente en lo que respecta a emisión del dióxido de carbono y a otros gases de efecto de invernadero. La producción de hierro y acero en Perú se también encuentra involucrado directamente en la emisión de dióxido de carbono tal como se muestra en la figura N°2.6, no obstante, existe un descenso considerable en las cantidades generadas, lo cual resulta ser de mucho beneficio. La disminución respecto a las emisiones de dióxido de carbono se puede comprender debido a la información proporcionadas por Aceros Arequipa y Siderperu que vienen a ser las empresas más grandes en la producción de aceros en el Perú. [SIDERPERU \(2023\)](#) explica que vienen implementado un conjunto de medidas que ayudan a reducir la emisión de impacto ambientales. Estas medidas son el suministro de energía eléctrica se encuentra abastecido por fuentes renovables, la gestión de las emisiones, la gestión de residuos, el cumplimiento de las normativas nacionales relacionadas con la prevención y mitigación de emisiones ambientales, usar de forma racional y eficiente el recurso del agua, reciclar la chatarra ferrosa y utilizarlo en la producción de nuevo acero, en otras medidas. La empresa Aceros Arequipa también implemento casi las mismas medidas mencionadas, con diferencia en la implementación de vehículos y maquinarias que usen la energía eléctrica como combustible, el uso de luminarias tipo LED en los almacenes de la empresa, etc.

Figura N°2.6: Emisión de dióxido de carbono por la producción de hierro y acero



Fuente: Adaptación de lo indicado por la INEI, 2022.

2.2.2. Impactos ambientales

2.2.2.1. Definición de contaminación ambiental

La contaminación ambiental es cualquier modificación en las características físicas, químicas o biológicas del aire, agua o suelo que pueda afectar la salud, la supervivencia o las actividades de los seres humanos u otras formas de vida de una manera perjudicial (Spellman, 2017). Dvořák y Dawson (2011) mencionan que la contaminación ambiental implica la presencia o influencia de un factor externo, que al entrar en contacto con un medio destruye la pureza de esta última.

2.2.2.2. Categorías de contaminación ambiental

Existen diversas clasificaciones de contaminación ambiental, de las cuales coinciden que las principales categorías de contaminación ambiental son:

a. Contaminación del aire

La contaminación del aire o también conocida como contaminación de la atmósfera, se define como la alteración del equilibrio del aire por la presencia de una mezcla de gases. Estos gases pueden ser generados por fenómenos naturales o por actividades humanas. En el caso de fenómenos naturales, los gases son producidos por erupciones volcánicas, procesos biológicos, incendios forestales o tormentas de polvo y arena. Las actividades humanas que producen una gran cantidad de gases son la industria, el transporte motorizado, la generación de energía, la agricultura y la ganadería. El empleo de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, como fuente de energía contribuye al incremento de la contaminación atmosférica. Los efectos más graves producidas por este tipo de contaminación es el cambio climático por el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono (Boldo et al., 2016).

b. Contaminación del agua

La contaminación del agua se define como el deterioro de un cuerpo de agua, que ocurre por la presencia de componentes o factores químicos, físicos o biológicos. Las fuentes de contaminación de agua se dividen en fuentes puntuales y fuentes difusas. Las fuentes puntuales son aquellas donde la contaminación está identificada en un punto específico, como centrales eléctricas, refinerías, minas, fábricas, plantas de tratamiento de aguas residuales, etc. Las fuentes difusas son aquellas que se distribuyen en una amplia zona geográfica como una cuenca, además en esta fuente también se pueden incluir fuentes móviles como automóviles, autobuses y trenes (Schweitzer & Noblet, 2018).

2.2.2.3. Definición de impacto ambiental

Existen muchos conceptos sobre el término impacto ambiental, pero la mayoría concuerda en que el impacto ambiental es todo aspecto negativo de cualquier actividad del hombre sobre el medio ambiente. [Rubira \(2016\)](#), define que los impactos ambientales son negativos, con frecuencia dañinos, además de ser responsables de la formación de los procesos de degradación ambiental, que no tienen ningún carácter positivo en sí mismos y son los causantes de reducir la capacidad productiva de un ecosistema. Otra definición es que, el impacto ambiental es una especie de "trauma ecológico" que es causado por la acción o trabajo del hombre en contra de las características y el equilibrio del medio ambiente ([Branco, 1988, como se citó en Rubira,F , 2016](#)).

2.2.2.4. Categorías de impactos ambientales

Una categoría de impacto es una clasificación que representa las consecuencias ambientales generadas por procesos o productos. El software SimaPro se encuentra implementado con varios métodos que ayudan a determinar los impactos ambientales en relación a las categorías de impacto ambiental.

Uno de estos métodos es el ReCiPe, que es un método que brinda factores de caracterización de aplicación global, además cuenta con dos formas de obtener los factores de caracterización: el Midpoint (punto medio) y el Endpoint (punto final). El Midpoint se caracteriza a su capacidad de determinar los impactos ambientales con mayor precisión y considera 18 categorías de impacto ambiental para el análisis. El Endpoint se caracteriza por determinar mejor información respecto a importancia ambiental de los impactos ambientales y considera tres categorías de impacto (la salud humana, la calidad del ecosistema y la escasez de recursos) ([Goedkoop et al, 2009](#)). Las categorías consideradas por el ReCiPe Midpoint son:

Cuadro N°2.1: Cuadro de categorías de impactos ambientales - ReCiPe

Categoría de impacto	Unidad
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq
Agotamiento de la capa de ozono	Kg CFC eq
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq
Formación de ozono (salud humana)	Kg NO _x eq
Formación de partículas finas	Kg PM _{2.5} eq
Formación de ozono (ecosistemas terrestres)	Kg NO _x eq
Acidificación terrestre	Kg SO ₂ eq

Eutrofización de agua dulce	Kg P eq
Eutrofización marina	Kg N eq
Ecotoxicidad terrestre	Kg 1,4-DCB
Ecotoxicidad del agua dulce	Kg 1,4-DCB
Ecotoxicidad marina	Kg 1,4-DCB
Toxicidad cancerígena humana	Kg 1,4-DCB
Toxicidad humana no cancerígena	Kg 1,4-DCB
Uso del suelo	m ² a crop eq
Escasez de recursos minerales	Kg Cu eq
Escasez de recursos fósiles	Kg oil eq
Consumo de agua	m ³

Fuente: Elaboración propia

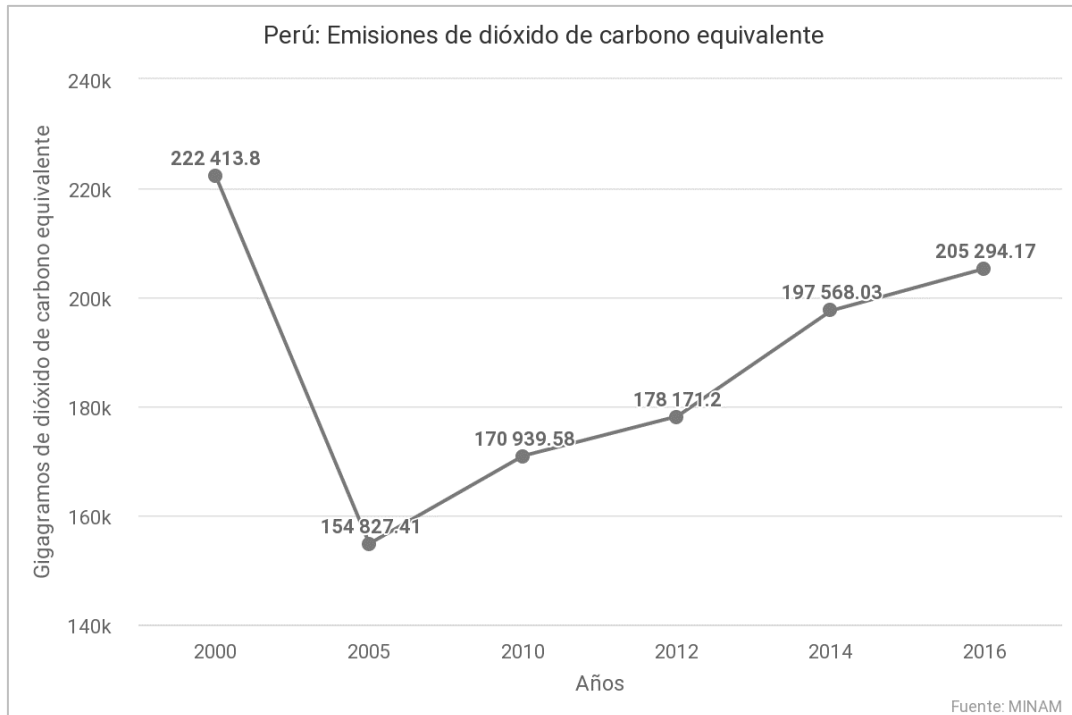
De todas las categorías mostradas en el cuadro N°2.1, las más relevantes para esta investigación son:

a. Calentamiento global

El calentamiento global es el impacto ambiental generado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Los GEI generan un aumento de la temperatura del planeta, esto ocurre cuando la radiación solar que ingresa al planeta Tierra, ya en su etapa de retorno, salgan en forma de radiación de infrarrojo térmico, es ahí donde los GEI absorben parte de esta radiación en la atmosfera, generando el incremento de la temperatura. Los gases de efecto invernadero son: el vapor de agua, CO₂, CH₄, N₂O y clorofluorocarbonos, que en su mayoría son producidos principalmente por el uso de combustibles fósiles. El indicador que ayuda a calcular este impacto se expresará como impacto del cambio climático, donde el resultado se expresa en Kg de CO₂ eq (Cordero, 2009).

En el Perú en la relación a los gases de efecto invernadero, el INEI (2022) informa que las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq) en conformidad a el Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero realizado por el MINAM para los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016, donde también se consideran las 4 principales actividades causantes de la emisión de dióxido de carbono, las cuales son la producción de energía, procesos industriales, desechos y la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. En la figura N°2.7 se especifica las cantidades de dióxido de carbono equivalente producidas en los años mencionados en el Perú.

Figura Nº2.7: Estadística ambiental - Emisiones de dióxido de carbono equivalente en el Perú



Fuente: SINIA

Respecto a las emisiones de dióxido de carbono en el 2016 se generó un total de 205294.17 Gg de CO₂ eq de esta cantidad se indica que la agricultura, silvicultura y otros generaron el 65.7% del total, mientras que la producción de energía generó el 28.3% del total y finalmente el 6% restante fue producido por los desechos y procesos industriales (INEI, 2022).

b. Eutrofización

La eutrofización es el impacto ambiental producido por la acumulación de minerales y materia orgánica en un medio acuático, donde esta acumulación origina un crecimiento descontrolado de plantas (principalmente algas), que llegan a cubrir toda la superficie del medio acuático, y esto ocasiona una disminución de los niveles de oxígeno del agua, haciendo que toda forma de vida presente en este medio desaparezca (Cordero, 2009). Así mismo, Soncco & Alvarez (2020) indican que la eutrofización se genera debido a una excesiva aglomeración de nutrientes que son generados debido a las actividades realizadas por el hombre como la ganadería, la piscicultura, la agricultura, etc. La eutrofización en la actualidad se presenta como un problema a tomar en consideración debido a que se proliferado por todo el mundo, y además que la ONU proyecta para el año 2050 se incrementó en un 20% el número de lagos con presencia de algas y para el 2030 se proyecta el incremento respecto a eutrofización en las zonas costeras y aguas superficiales (García & Miranda, 2018).

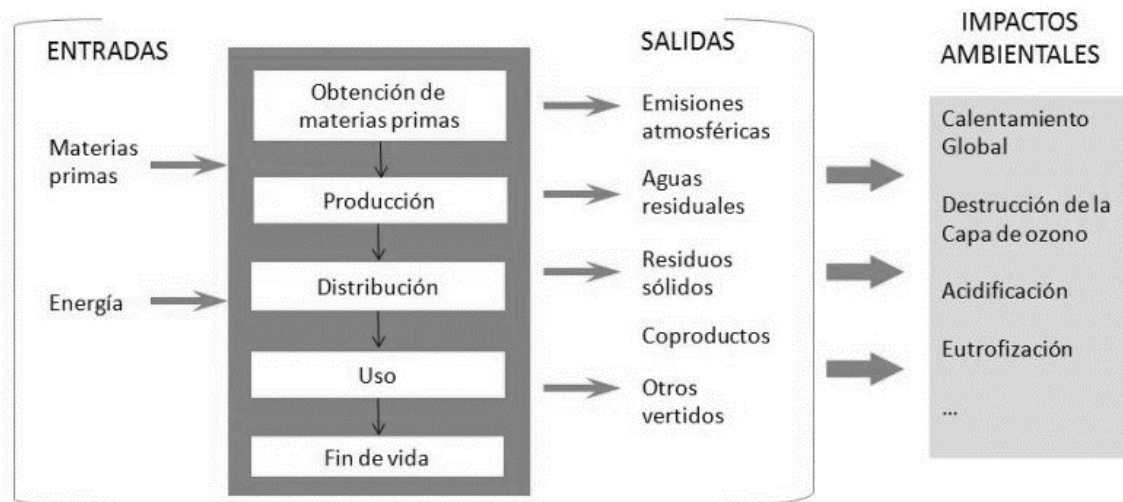
2.2.3. Análisis de ciclo de vida

2.2.3.1. Historia del método de análisis de ciclo de vida

El método de análisis de ciclo de vida fue utilizado por primera vez en el año 1969 por el Midwest Research Institute como instrumento de ayuda para disminuir el consumo de recursos de la empresa Coca Cola. El ACV fue usado por grandes empresas hasta los años 80, cuando se implementaron dos modificaciones: primero, hacer de uso público el ACV y segundo, la implementación de métodos para cuantificar las emisiones en diferentes categorías de impacto ambiental. Para el año 1993, la Society of Environmental Toxicology and Chemistry formuló el primer código internacional respecto al uso del ACV, lo cual generó un masivo desarrollo de investigaciones de ACV aplicados en diferentes rubros en todo el mundo. Para fines de la década de los noventa, el International Organization for Standardization contribuyó en la creación de norma internacional donde se establecieron las estructuras, las definiciones, los métodos, los procedimientos y las terminologías, con la finalidad de uniformizar las investigaciones de ACV (Romero, 2003).

2.2.3.2. Definición del análisis de ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida es una técnica que ayuda a identificar y cuantificar el impacto ambiental ocasionado por un producto, servicio o proceso a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida. El INACAL (2019) mediante la NTP-ISO 14044:2019 expone que el ACV puede identificar los posibles impactos ambientales generados a lo largo del ciclo de vida de un producto, que va desde obtención de los recursos (materias primas), la fabricación del producto, el uso del producto, el reciclado y la gestión final de los residuos. Finalmente, con la obtención de los resultados del estudio se pueden establecer medidas que mejoren el desempeño ambiental del producto en las diferentes fases de su ciclo de vida. Leiva (2016) indica que el ACV es una herramienta de gestión medioambiental cuyo objetivo es analizar el impacto ambiental originado por un proceso o producto durante todo su ciclo de vida de forma metódica y científica. Se sintetiza el ACV es el resultado de la ejecución de actividades como la recopilación de una lista de entradas y salidas relacionadas con el ciclo de vida de un determinado producto o proceso y de la evaluación de los posibles impactos ambientales relacionados a estas entradas y salidas identificadas. El esquema característico del ACV se encuentra representada por cada fase del ciclo vida: la adquisición de materias primas, la fabricación del producto, el transporte del producto, el uso de producto y el fin de ciclo de vida del producto, donde cada una de estas fases se encuentran compuestas por entradas (materias primas y energías) y salidas (emisiones atmosféricas, aguas residuales, residuos sólidos y otros residuos) según corresponda.

Figura N°2.8: Componentes de un ciclo de vida

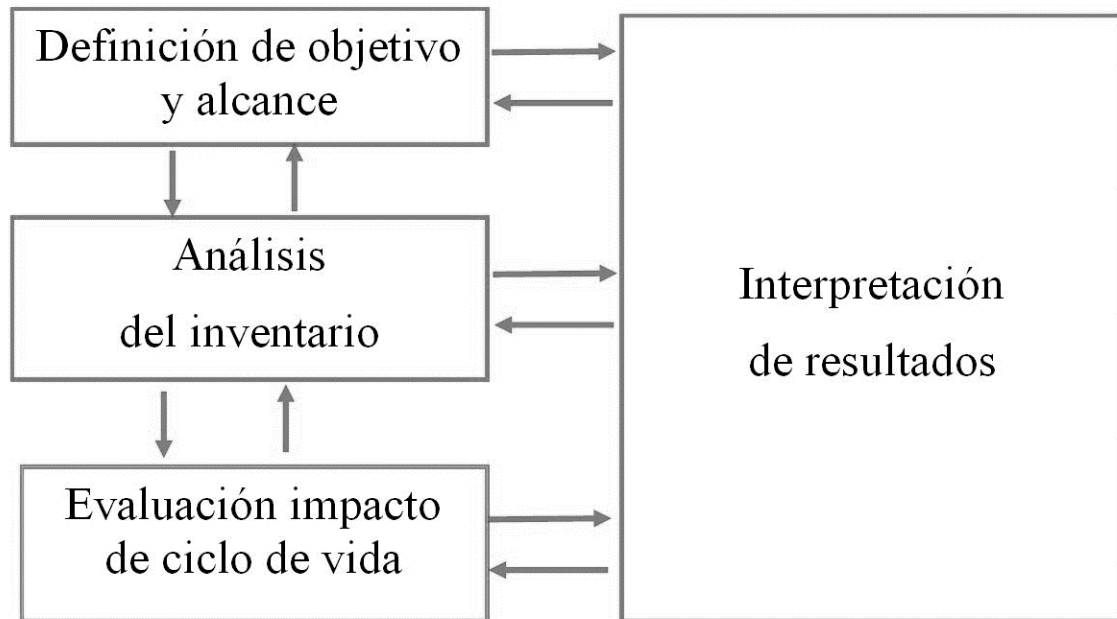
Fuente: <http://www.construction21.org/espana/community/pg/pages/view/549/>

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO, sus siglas en inglés), desarrolló un conjunto de normas relacionadas a la gestión y administración ambiental, donde se incluyeron las series ISO 14040 y la ISO 14044 relacionados a la elaboración de trabajos de análisis de ciclo vida (Romero, 2003).

En el Perú, el INACAL en su calidad de entidad encargada de la aprobación de las Normas Técnicas Peruanas, aprobó la NTP ISO 14040:2017 que describe los principios y el marco de referencia del análisis de ciclo de vida, así mismo, aprobó la NTP ISO 14044:2019 que establece los requisitos y las directrices del análisis de ciclo de vida.

2.2.3.3. Metodología del análisis de ciclo de vida

Para quienes realizan un análisis de ciclo de vida, la NTP-ISO 14040:2017 nos indica que existen cuatro fases en un estudio de análisis de ciclo de vida: la fase de definición del objetivo y el alcance, la fase de análisis del inventario, la fase de evaluación del impacto del ciclo de vida, y la fase de interpretación de resultados (INACAL, 2017). Las fases de inventario de ciclo de vida y evaluación de impacto de ciclo de vida son consideradas como las fases dinámicas debido a que en estas se realiza la recopilación y evaluación de datos, de igual forma, las fases de definición de objetivo y alcance y interpretación de resultados son consideradas como las fases estáticas (Romero, 2003). Tal como se muestra en la figura N°2.9, es importante indicar que cada una de estas fases se encuentra entrelazadas una con otra, así mismo, se puede deducir que estas fases forman parte de un proceso iterativo, ya que al modificar una de las fases se modificaran las otras tres.

Figura N°2.9: Fases de un estudio de análisis de ciclo de vida

Fuente: Adaptación de la NTP ISO 14040:2017

Es importante indicar que la NTP ISO 14044:2019 brinda lineamientos y directrices para el desarrollo adecuado de cada una de las fases del ACV. Las fases del ACV son:

a. Fase de definición del objetivo y el alcance

Es la primera etapa para realizar un ACV, consiste en definir el objetivo y el alcance de la investigación, así como en definir unidad funcional y los límites del sistema. Esta fase delimita el tema y se incluyen las razones por las que se considera importante la investigación del tema (Chauca, 2015). La NTP-ISO 14044:2019 indica que el objetivo y el alcance de un estudio de análisis de ciclo de vida deben estar debidamente establecidos y ser coherentes con la naturaleza de estudio a realizar. El ACV al ser un proceso iterativo, posibilita que el alcance pueda ajustarse y modificarse sin ningún tipo de problema en cualquier fase de la elaboración del estudio.

Respecto a la definición del objetivo del ACV, este debe contener información sobre la aplicación prevista del estudio, las razones por las que se realiza el estudio, indicaciones sobre el público a quien va dirigido el estudio y si se piensa usar los resultados obtenidos en comparaciones con otros productos o sistemas similares al del estudio (INACAL, 2019).

La definición del alcance del ACV, debe tomar en cuenta el sistema del producto que se encuentra en estudio (diagrama de flujo sobre el producto/proceso), las funciones del sistema del producto/proceso, la unidad

funcional de estudio, los límites del sistema, los procedimientos de asignación, la metodología de la EICV y los tipos de impactos, la interpretación a utilizar, los requisitos relativos de los datos obtenidos para el estudio, las suposiciones, los juicios de valor y los elementos opcionales considerados para el estudio, las limitaciones del estudio, los requisitos de calidad de los datos, el tipo de revisión crítica por un tercero y el tipo de formato del informe requerido para el estudio (INACAL, 2019).

b. Fase de análisis del inventario

Es la fase donde se recopilará información necesaria y se establecerá procedimientos de los datos de entradas y salidas del sistema que se estudiará. Abba (2019) indica que el análisis de inventario es la fase del análisis de ciclo de vida que implica la compilación y cuantificación de datos de entradas y salidas para un sistema a lo largo de su ciclo de vida o para cada proceso individual que se realicen. Como resultado de este proceso de recopilación de datos se crea el inventario de ciclo de vida (ICV). Para la construcción del ICV es muy importante que los datos procedan de una buena fuente, de preferencia que sean datos medidos en el lugar de estudio, o sean de la base de datos estadísticos de instituciones, o provengan de bibliográficas, etc. En el proceso de realización y estructuración de un inventario de ciclo de vida, Solgorré (2015) menciona que se puede utilizar el software SimaPro que permite simular y analizar ciclos de vida de una manera muy fácil, y además de tener la capacidad de medir el impacto ambiental generado por productos, sistemas o servicios. Este programa fue creado por la empresa PRé Consultants, siendo el software más utilizado por casi 30 años en la realización de estudios de análisis de ciclo vida (Goedkoop et al, 2016), además, el SimaPro cuenta la base de datos Ecoinvent v3 que se caracteriza por contener 17000 procesos orientados a muchos sectores como la construcción, producción de metales, minerales, vidrios, transporte, generación de energía, plásticos, textiles, fabricación de químicos, etc (Ecoinvent, 2019).

c. Fase de evaluación del impacto de ciclo de vida

INACAL (2019) mediante la NTP ISO 14044:2019 indica que el objetivo de la evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV) es brindar información complementaria para ayudar a evaluar los resultados obtenidos del inventario del ciclo de vida (ICV) a fin de comprender mejor su importancia ambiental. Leiva (2016), también nos indica que la fase de EICV se relaciona los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida con los efectos ambientales (categorías de impacto) a que dan lugar, con el fin de valorar la importancia de los potenciales impactos que se generan.

En la EICV se asigna las categorías de impacto ambiental que se desea estudiar, donde, estas categorías se encuentran relacionadas directamente al método utilizado para determinar las cantidades impactos ambientales.

d. Fase de interpretación de los resultados

Por último, se realiza la fase de interpretación de resultados, donde se elabora el resumen y las discusiones de los resultados del inventario de ciclo de vida o de la evaluación de los impactos de ciclo de vida o de ambas fases al mismo tiempo (INACAL, 2019). Esta interpretación se realiza con el objetivo de brindar información de la situación real de los impactos ambientales emitidos y además de establecer las posibles soluciones para poder reducir los impactos ambientales calculados. Además, la fase de interpretación permite establecer comparaciones entre dos productos con la finalidad de determinar cuál presenta un mejor uso de los insumos y energías.

2.2.4. SimaPro

El software SimaPro fue desarrollado en el año 1990 por la empresa PRé Sustainability como un instrumento para la evaluación de impactos ambientales y sociales (PRé Sustainability, 2023), así mismo, el SimaPro tiene como objetivo obtener información del desempeño ambiental de un producto o servicio bajo el uso de las directivas de la metodología de ACV.

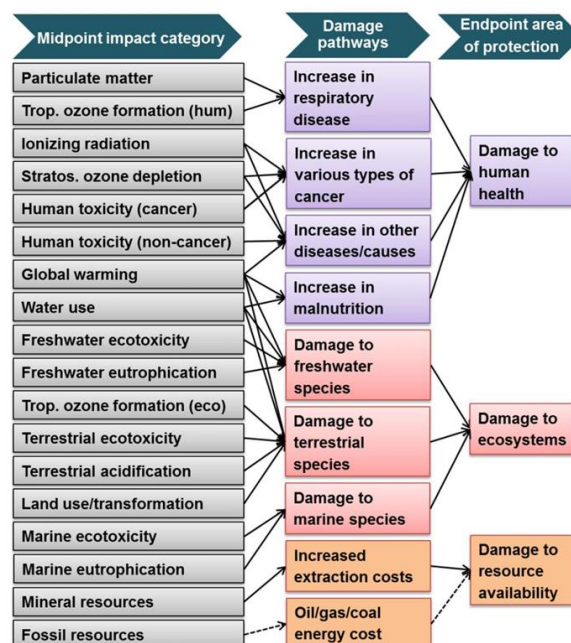
El SimaPro es un software analítico compuesto por diversas bases de datos científicas de renombre internacional (Fernández-Ávila, 2017), como el Ecoinvent, Agri-footprint, Industry data library, etc, que permiten al usuario de disponer de una variedad de data-sets para la elaboración del inventario de ciclo de vida, de igual forma, el SimaPro dispone de diversos métodos para la evaluación de los impactos ambientales, de las cuales se destacan el ReCiPe 2016, Traci 2.1, IPCC 2013, CML-IA, etc. El SimaPro determina los impactos ambientales mediante el uso de factores de emisión de los componentes de las actividades estudiadas. Los factores de emisión son los valores representativos que relaciona la cantidad del contaminante liberado con la actividad asociada a la liberación del contaminante (Pouliot et al, 2012). El SimaPro incorpora el análisis de la incertidumbre y la sensibilidad de los resultados utilizando los métodos: matriz de Pedigree, prueba de Montecarlo y el análisis de escenario (Lopes et al, 2017). Actualmente en el mercado existen más de 45 programas de ACV de las que destacan el GaBI, Umberto, OPENLCA y SimaPro (Olagunju & Olanrewaju, 2020). Estos programas fueron diseñados para cuantificar impactos ambientales generados por la elaboración de un producto o la ejecución de un proceso, no obstante, el SimaPro es el software que más destaca debido a que contiene un algoritmo altamente eficiente que permite procesar una gran cantidad de datos en un solo cálculo y así obtener los resultados de evaluación de impactos ambientales de manera más rápida (Lopes et al, 2017). Además,

según diversos reportes se menciona que los resultados de un estudio ACV obtenidos en el SimaPro son confiables (Herrmann & Moltesen, 2014, como se citó en Torre, 2018).

2.2.5. Método ReCiPe 2016

El método ReCiPe fue creada en el año 2008 por Radboud University, Norwegian University of Science and Technology y PRé Sustainability mediante la cooperación RIVM. El método ReCiPe tiene como finalidad sintetizar los diversos resultados del ICV en un número reducido de indicadores de impacto ambiental. Este método se caracteriza por ser de aplicación global que utiliza factores de caracterización de emisiones de nivel medio (Midpoint) y nivel final (Endpoint) (PRé Sustainability, 2016). El nivel de punto medio (Midpoint) se caracteriza por considerar 18 categorías de impacto ambiental y el nivel de punto final (Endpoint) considera 3 áreas de protección, donde el nivel Midpoint logra cuantificar de los impactos ambientales con mayor precisión pero presenta una complicada interpretación de los resultados, en cambio, el nivel Endpoint utiliza modelos más complejos con mayor incertidumbre pero con una fácil interpretación de los resultados, de igual forma, estos dos niveles se encuentran instruidos en tres perspectivas que plasman un conjunto de alternativas sobre asuntos como el tiempo, desarrollo tecnológico o posibilidades de una óptima gestión (PRé Sustainability, 2016). Estas tres perspectivas son el individualista (E) de corto plazo, jerárquico (H) modelo de consenso científico y el igualitario (I) de largo plazo.

Figura N°2.10: Descripción de las categorías de impacto ambiental que considera el ReCiPe 2016 y su relación las áreas de protección



Fuente: PRé Sustainability, 2016

CAPÍTULO III: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque

Según [Caballero \(2014, p.84\)](#), enfoque es un punto de vista que se usa para poder dar relevancia a algunos elementos que son parte de un conjunto con la finalidad de poder realizar el análisis adecuado, y dar una solución al problema que se está estudiando. Es importante indicar que al resaltar un elemento del conjunto eso no significa que los demás elementos no valgan. La presente investigación presenta un enfoque sistémico, ya que este enfoque abarca variables tecnológicas y se realizan modelos cuantitativos, que va acorde a investigaciones de ingeniería civil.

3.2. Alcance

3.2.1. Tipo de investigación

[Moisés \(2018, p.108\)](#) indica que la investigación en búsqueda de nuevos conocimientos se puede clasificar en básica o aplicada. Donde la básica busca generar teorías y la aplicada busca la aplicación práctica. Esta investigación es del tipo aplicada, ya que se busca conocer el impacto ambiental generado por el tratamiento de aguas residuales.

3.2.2. Nivel de investigación

Sobre el nivel de investigación [Moisés \(2018, p.109\)](#) menciona que hace referencia al alcance o la profundidad con que se aborda el fin de la investigación. Además, realiza una clasificación en cuatro niveles de investigación que son: exploratorio, descriptivo, relacional y explicativo. La presente investigación es del nivel **explicativo**, ya que las variables presentadas tienen una relación causa-efecto.

3.3. Diseño de investigación

Sobre el diseño de investigación [Moisés \(2018, p.102\)](#) indica que es el plan de aproximación al objeto de la investigación, ya que, guía la manera en cómo se debe solucionar el problema de una manera efectiva. Además, se realizó una clasificación en diseños experimentales y diseños no experimentales. La presente investigación es de **diseño no experimental**, ya que se no existe una manipulación de las variables, y también se le considerará del tipo **longitudinal** puesto que la evaluación de las variables se da en diferentes tiempos.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población es: Aguas residuales tratadas en la planta de tratamiento de Totorá.

3.4.2. Muestra

La muestra es: 1 m³ de agua residual tratada en la planta de tratamiento de Totorá.

3.5. Hipótesis

3.5.1. Hipótesis general

Los procesos de tratamiento en la PTAR de Totorá influyen en los impactos ambientales negativos durante el año 2022.

3.5.2. Hipótesis específicas

1. El uso de insumos químicos en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022.
2. El consumo de energía eléctrica en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022.
3. El transporte de los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento, desde los almacenes de los proveedores hasta la PTAR de Totorá influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022.
4. La infraestructura usada en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en el impacto ambiental negativo en el año 2022.

3.6. Operacionalización de variables

Cuadro N°3.1: Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Medición
Independiente X: Los diversos procesos de tratamientos en la PTAR de Totorá.	Uso de insumos químicos	Cantidad mensuales utilizadas	Kg
	Consumo de energía eléctrica	Consumo eléctrico mensuales	kWh
	Transporte de insumos químicos	Distancia recorrida	Km
	Infraestructura	Concreto	m ³
		Acero	Kg
Dependiente Y: Impactos ambientales negativos originados en la PTAR de Totorá	Contaminación de la atmósfera	Calentamiento global	Kg CO ₂ eq
	Contaminación del agua	Eutrofización	Kg N eq

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas e instrumentos

Cuadro N°3.2: Técnicas e instrumentos usados en la recopilación de datos

Técnica	Uso	Instrumento
Revisión documentaria	Datos de los insumos químicos, con el propósito de conocer las cantidades y características de los diversos insumos químicos que usan en PTAR de Totorá.	Solicitud a SEDA AYACUCHO
	Datos de consumo eléctrico, con el propósito de conocer cuál es el consumo eléctrico mensual durante el año por parte de la PTAR de Totorá.	
	Datos de los principales proveedores de los insumos químicos, con la finalidad de calcular las distancias que recorren los vehículos que trasladan los insumos químicos desde el almacén de los proveedores hasta la PTAR de Totorá.	
	Planos estructurales de la PTAR de Totorá, con la finalidad de calcular la cantidad de concreto y acero utilizado en la construcción de la infraestructura de la planta de tratamiento.	
Visita técnica	Se observará los diversos procesos que se realizan en el tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá, con el objetivo de conocer cada proceso que se realiza en el tratamiento de aguas residuales y además de especificarlo en la tesis.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ficha de observación 2. Cámara digital.

Fuente: Elaboración propia

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

La técnica estadística usada para la organización de los datos es la estadística descriptiva, que consiste presentar el conjunto de datos mediante tablas y gráficos obtenidas del software Ms Excel.

La principal herramienta para el procesamiento de los datos recopilados fue el software SimaPro en la versión 9.5.0.2 y la base de datos Ecoinvent V.3, que nos permitirá cuantificar los impactos ambientales negativos generados por el proceso tratamiento en el año 2022.

3.9. Desarrollo del trabajo de tesis

3.9.1. Detalles de infraestructura de la PTAR de Totorá

3.9.1.1. Ubicación de la PTAR de Totorá

La planta de tratamiento de Totorá, se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Ayacucho, específicamente a unos 4.40 Km del centro de la ciudad de Ayacucho. Las coordenadas UTM de la PTAR de Totorá son:

- Este: 585694 m.
- Norte: 8546661 m.
- Cota: 2658 m.s.n.m.

La ubicación política de la PTAR es:

- Distrito: Jesús Nazareno
- Provincia: Huamanga
- Departamento: Ayacucho

Figura N°3.1: Vista satelital de la planta de tratamiento de Totorá



Fuente: Google Earth

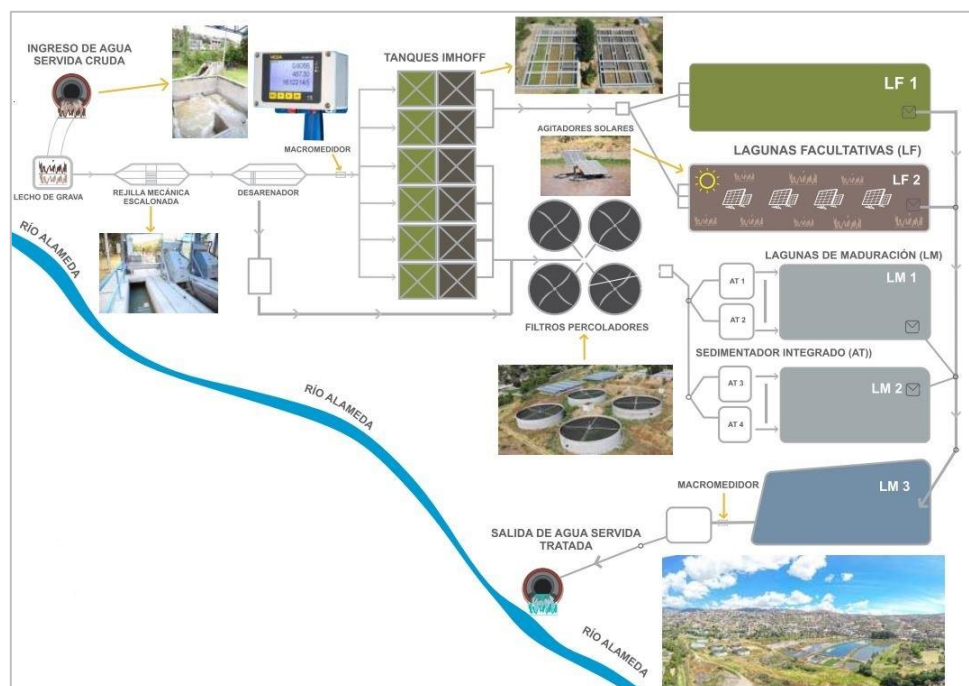
Respecto a la historia de la PTAR, se sabe que la primera etapa de la construcción fue ejecutada en los años 1974 y 1975, donde se consideró una capacidad de tratamiento para una población entre 40000 a 50000 habitantes. La infraestructura inicial se encontraba conformada por obras de ingreso, cámara de rejas, medidor Parshall, desarenador, sedimentadores, tanques Imhoff, lechos de secado, lagunas facultativas, obras de egreso, edificios de operaciones y edificio de los equipos de suministro eléctrico (Ayala, 2016). Posteriormente, a causa del crecimiento de la población y el incremento en la construcción de

viviendas en la ciudad de Ayacucho, se ejecutaron ampliaciones entre los años 2002 y 2004, aumentando la capacidad de tratamiento para una población de 208000 habitantes. En la actualidad, a causa de la renovación en cuanto al tratamiento y la capacidad de los desagües se obtiene aguas tratadas que cumplen con las normas referente a los límites máximos permisibles (LPM) y los estándares de calidad de agua (SEDA AYACUCHO, 2022). Así mismo, se supo por medio de la oficina del departamento de aguas residuales de SEDA AYACUCHO que para el año 2022 el volumen aguas residuales recibidas fue 12116748.51 m³.

3.9.1.2. Procesos de tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá

La PTAR de Totorá actualmente cuenta con las siguientes infraestructuras: cámaras rejas gruesas, cámara de rejas con malla fina de 6mm, desarenador, tanques Imhoff, lechos de secado, filtros percoladores, lagunas facultativas, lagunas de maduración y sedimentadores secundarios, cámara de desinfección y finalmente el vertido del agua tratada al cuerpo de agua (SEDA-AYACUCHO, 2021). En la figura N°3.2 se muestra un esquema del sistema de tratamiento de aguas servidas de Huamanga.

Figura N°3.2: Esquema del sistema de tratamiento de aguas servidas de la PTAR de Totorá.



Fuente: SEDA AYACUCHO, 2021

Es importante indicar que SEDA AYACUCHO viene implementando el uso de agitadores solares con las que busca oxigenar las aguas y minimizar la emisión de malos olores en la laguna facultativa N°2 (SEDA AYACUCHO, 2021).

La PTAR para realizar el proceso de tratamiento cuenta con siguientes infraestructuras y tecnologías:

3.9.1.2.1. Tratamiento mecánico (pre tratamiento)

- a. Obras de ingreso:** Es la primera estructura que se encuentra conformada por una rejilla gruesa, tiene la función en recepcionar y retener los residuos sólidos presentes en las aguas residuales provenientes sistema de alcantarillado de la ciudad de Ayacucho.
- b. Cámara de rejas:** La PTAR de Totorá cuenta con una cámara de rejas que presenta una regulación automática donde la capacidad de desbaste es de 7.30 m³/d, es por ello cuenta con el uso de 4 container para basuras con capacidad de 2m³ para eliminar los materiales gruesos como piedras, plásticos, trapos y ramas que son retenidos en las rejillas (SEDA AYACUCHO, 2022), además se utiliza el hipoclorito de calcio al 15% (cal clorada) para el control de olores en los container donde se depositan los elementos retenidos por las rejillas. La cámara de rejas cuenta con 3 canaletas de aproximación que se encuentran dirigidas hacia las rejillas, además, los equipos de rejillas se encuentran compuesto por 2 unidades de rejillas escalonadas de limpieza automática y de rejillas manuales de 2 pulgadas de espaciamiento (SEDA AYACUCHO, 2022). Posterior a esto agua se dirige hacia los desarenadores.
- c. Desarenadores:** La PTAR de Totorá cuenta con un desarenador que cuenta con 3 cámaras con flujo horizontal sin aeración, además, la capacidad de diseño es de 82 m³/m² h para partículas que tiene un diámetro de grano de arena mayor o igual a 0.2 m (SEDA AYACUCHO, 2022). Es importante indicar que mediante cuenta con un sistema de purga que se encuentra conformada con de una cámara de purga conectada a una tubería de PVC DN 400mm se trasladan los sedimentos captados hacia el lecho de arena, donde se puede efectuar el secado de las arenas, el traslado a el lecho de lodos para su reutilización o su disposición final hacia el relleno sanitario. Posterior a los desarenadores se el agua pasa por un medidor de caudales tipo Venturi y cajas de distribución de caudales para ser llegar a los tanques Imhoff. En esta infraestructura también utiliza el hipoclorito de calcio al 15% (cal clorada) como medida de control de los malos olores.
- d. Tanques Imhoff (presedimentadores):** La PTAR de Totorá actualmente cuenta con 4 tanques Imhoff nuevos con una capacidad de caudal de 101 L/seg y volumen de acumulación de 6.19 m³, complementando estos, existen 2 tanques Imhoff antiguos con capacidad de caudal de 66 L/seg y un volumen de acumulación de 1.574 m³. Estos tanques tienen como función reducir de la carga orgánica de agua que proviene de los desarenadores. El material retenido en los tanques Imhoff son trasladados al lecho de lodos mediante el uso de la línea de lodos. Seguido a esto el agua es trasladado hacia los filtros percoladores y las lagunas facultativas 1 y 2.

3.9.1.2.2. Tratamiento biológico

a. Filtros percoladores (FP): La PTAR de Totorá cuenta con 4 filtros percoladores, que reciben las aguas provenientes de los tanques Imhoff y del lecho de arena. Los filtros percoladores construidos presentan las siguientes características:

- Diámetro interno de un FP: 32 m
- Altura efectiva del material de relleno: 4.50 m
- Volumen disponible por FP: 3.585 m³
- Área de filtración disponible por FP: 798 m²
- Carga orgánica de diseño: 0.40 Kg/m³
- Tasa hidráulica de diseño: 0.61 m/h
- Número de brazos del rociador rotativo instalado: 4 brazos

En esta etapa se deja caer el agua sobre un filtro percolador que es un filtro que contiene plásticos de alta superficie específica donde se encuentra adherido la biopelícula (cultivo bacteriano), que es capaz de degradar la materia orgánica. El agua después de pasar por estos filtros es trasladado hacia los 4 sedimentadores integrados a las lagunas de maduración 1 y 2.

b. Lagunas facultativas (LF): La PTAR de Totorá cuenta con 2 lagunas facultativas de diferentes volúmenes de retención, donde la laguna LF-1 tiene una capacidad de 35.1 m³ y la laguna LF-2 tiene una capacidad de 29.7m³ (SEDA AYACUCHO, 2022). En esta etapa se realizan procesos biológicos con la finalidad de remover la materia orgánica y coliformes, además, estas lagunas tienden a acumular lodos biológicos que pueden ser utilizados como fertilizantes orgánicos o trasladados a los rellenos sanitarios.

3.9.1.2.3. Post tratamiento

a. Lagunas de maduración (LM): La planta de Totorá tiene tres lagunas de maduración de diferentes volúmenes de retención, donde la laguna LM-1 tiene una capacidad de 24 m³, la laguna LM-2 tiene una capacidad de 32 m³ y la laguna LM-3 tiene una capacidad de 32.6 m³ (SEDA AYACUCHO, 2022). El objetivo principal de las lagunas de maduración es mejorar la calidad bacteriológica de las aguas servidas provenientes de los filtros percoladores y las lagunas facultativas.

3.9.1.2.4. Tratamiento de lodos

La PTAR de Totorá cuenta con dos lechos de secado se realiza la deshidratación de los lodos generados en el proceso de tratamiento. La generación de lodos primarios proviene de los tanques Imhoff y los lodos secundarios provenientes de los filtros percoladores y son recopilados en de las lagunas sedimentadoras ubicadas entre los filtros percoladores y las lagunas de maduración, estos lodos se pueden ser utilizados como fertilizante orgánico o pueden ser dispuesto en los

rellenos sanitarios. Además, la PTAR de Totorá cuenta tres sitios de almacenamiento provisional de los lodos deshidratados, uno tiene 40 m² y los dos restantes, de 100 m², donde la producción anual de lodos es de 14.016 m³, es importante mencionar que estos sitios de almacenamiento no están techados, es por ello que en la época de lluvias serán cubiertas con plásticos y piedras para evitar que se mojen (SEDA AYACUCHO, 2022).

3.9.1.2.5. Desinfección con cloro

La PTAR de Totorá en su etapa del proceso de tratamiento utiliza el cloro líquido y el hipoclorito de calcio al 65-70%. El objetivo de la desinfección es la eliminación de bacterias patógenas (que pueden producir enfermedades al ser humano), presentes en el agua residual tratada (SEDA AYACUCHO, 2022).

3.9.2. Insumos químicos usados en la PTAR de Totorá

La técnica de recopilación implementada fue una revisión documentaria mediante la presentación de solicitudes dirigidas a SEDA AYACUCHO, donde solicitó información sobre los insumos químicos utilizados en el proceso de tratamiento en el año 2022, se consultó sobre las cantidades utilizadas. Los datos fueron proporcionados por el Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales de SEDA AYACUCHO. Los datos recopilados respecto a las cantidades de insumos químicos son:

Cuadro N°3.3: Cantidad de insumos químicos usados en la PTAR de Totorá en el año 2022

INSUMOS QUÍMICOS USADOS EN LA PTAR DE TOTORA - AÑO 2022				
Nº	Mes	Hipoclorito de calcio al 15% (Cal clorada) (Kg)	Hipoclorito de calcio al 65-70% (Kg)	Cloro líquido (Kg)
1	Enero	180	0	786
2	Febrero	120	0	500
3	Marzo	90	2	200
4	Abril	120	23	814
5	Mayo	120	0	900
6	Junio	120	5	900
7	Julio	120	5	775
8	Agosto	150	30	900
9	Setiembre	150	22	782
10	Octubre	120	18	743
11	Noviembre	90	10	840
12	Diciembre	60	10	160
SUMA		1,440	125	8,300

Fuente: Elaboración propia

3.9.3. Transporte de insumos químicos usados en la PTAR de Totorá

La técnica de recopilación implementada fue una revisión documentaria mediante la presentación de solicitudes dirigidas a SEDA AYACUCHO, donde solicitó un reporte sobre los principales proveedores de los insumos químicos utilizados en el proceso de tratamiento para determinar la distancia recorrida por parte de los vehículos que transportan los insumos desde los almacenes hasta la PTAR de Totorá. Las distancias fueron determinadas mediante el uso de Google Maps. Los datos recopilados son:

Cuadro N°3.4: Distancia recorrida en el transporte de insumos químicos usados en la PTAR de Totorá en el año 2022

DISTANCIA RECORRIDA EN EL TRANSPORTE DE INSUMOS QUÍMICOS - PTAR DE TOTORA - AÑO 2022			
* Datos de proveedores de los insumos químicos:			
Insumo químico	Hipoclorito de calcio al 15% (Cal clorada)	Hipoclorito de calcio al 65-70%	Cloro líquido
Proveedor	INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUÍMICA ANDINA S.A.C	QUÍMICA REGASA S.A.C	INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUÍMICA ANDINA S.A.C
* Ubicación del almacén del proveedor:			
Departamento:	Lima	Lima	Lima
Provincia:	Lima	Lima	Lima
Distrito:	Ate - Vitarte	Pachacamac	Ate - Vitarte
Dirección:	Av. Los Castillos N° 311	Av. Las Begonias Mza. O Lote. 1 C.P. Rural Santa Rosa de Manchay (Sublt 11)	Av. Los Castillos N° 311
* Distancias recorridas en el transporte de insumos químicos hacia la PTAR de Totorá:			
Distancia recorrida	552 Km	539 Km	552 Km

Fuente: Elaboración propia

3.9.4. Consumo eléctrico de la PTAR de Totorá

La técnica de recopilación implementada fue una revisión documentaria mediante la presentación de solicitudes dirigidas a SEDA AYACUCHO, donde solicitó información sobre el consumo eléctrico de la planta de tratamiento en el año 2022. El dato suministrado por parte de SEDA AYACUCHO fue número de suministro de PTAR, con esta información y mediante el uso de la página web de ELECTROCENTRO se consiguieron los recibos mensuales consiguiendo el

consumo de la energía eléctrica de todo el año 2022. Los datos recopilados respecto al consumo eléctrico son:

Cuadro N°3.5: Consumo de energía eléctrica de la PTAR de Totora en el año 2022

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA PTAR. DE TOTORA - AÑO 2022			
Nº	Mes	Nº de recibo	Energía activa total (kWh)
1	Enero	Nº S751 - 14227606	2,472.00
2	Febrero	Nº S751 - 14320863	2,153.73
3	Marzo	Nº S751 - 14414244	2,284.76
4	Abril	Nº S751 - 14507848	2,469.10
5	Mayo	Nº S751 - 14601492	2,568.52
6	Junio	Nº S751 - 14695220	2,473.40
7	Julio	Nº S751 - 14789191	2,350.26
8	Agosto	Nº S751 - 14883145	2,553.39
9	Setiembre	Nº S751 - 14977319	2,218.00
10	Octubre	Nº S751 - 15071775	2,216.46
11	Noviembre	Nº S751 - 15166864	2,234.33
12	Diciembre	Nº S751 - 15262398	2,197.67
Suma =			28,191.62

Fuente: Elaboración propia

3.9.5. Materiales de construcción usados en la infraestructura de la PTAR de Totora

La técnica de recopilación implementada fue una revisión documentaria mediante la presentación de solicitudes dirigidas a SEDA AYACUCHO, donde solicitó el acceso a los planos estructurales de las obras ampliación de la planta de tratamiento con la finalidad realizar el metrado y determinar la cantidad de concreto y acero corrugado usado en la infraestructura involucrada directamente en el proceso de tratamiento. Los planos fueron proporcionados por la Gerencia de Ingeniería de SEDA AYACUCHO. Las cantidades de concreto y acero son:

Cuadro N°3.6: Cantidad de concreto usado en la infraestructura de la PTAR de Totora

RESUMEN METRADO - CONCRETO		
Nº	ESTRUCTURA	Unidad (m³)
1	Obras de ingreso con rejilla gruesa	35.08
2	Cámara de rejillas	60.08
3	Desarenador	158.42
4	Lecho de arena	54.57
5	Presedimentadores Imhoff	1,997.04

RESUMEN METRADO - CONCRETO		
Nº	ESTRUCTURA	Unidad (m³)
6	Filtro percolador	621.91
7	Lechos de secado	151.71
8	Distribuidor caja CD1	99.81
9	Distribuidor caja CD2	50.44
10	Distribuidor caja CD3	30.98
11	Distribuidor caja CD4	79.13
12	Distribuidor caja CD5	39.57
13	Distribuidor caja CD6	19.49
14	Estructura de salida cajas CD11, CD12, CD13 Y CD14	105.19
15	Estructura de salida cajas CD17, CD18, CD19	21.83
16	Caja C1, C2	21.72
17	Caja C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, T9	57.60
18	Caja C20, T8	16.14
19	Caja C21	6.48
20	Caja C23, CAJA C22, CAJA C24, CAJA C25	50.33
21	Caja P1, P2, P3, P4	34.87
22	Caja L1, L2, L3, L4, L5	31.54
23	Estructura de disipación y entrega	19.31
TOTAL		3,763.23

Cuadro N°3.7: Cantidad de acero usado en la infraestructura de la PTAR de Totorá

RESUMEN METRADO – ACERO ESTRUCTURAL		
Nº	ESTRUCTURA	Unidad (Kg)
1	Obras de ingreso con rejilla gruesa	2,433.21
2	Cámara de rejillas	3,574.18
3	Desarenador	12,660.50
4	Lecho de arena	3,032.28
5	Presedimentadores Imhoff	200,506.77
6	Filtro percolador	51,764.44
7	Lechos de secado	14,197.43
8	Distribuidor caja CD1	7,648.18
9	Distribuidor caja CD2	4,418.42
10	Distribuidor caja CD3	2,409.49
11	Distribuidor caja CD4	8,903.80
12	Distribuidor caja CD5	3,281.01
13	Distribuidor caja CD6	1,480.64
14	Estructura de salida cajas CD11, CD12, CD13 Y CD14	8,201.25
15	Estructura de salida cajas CD17, CD18, CD19	1,785.65
16	Caja C1, C2	2,043.00
17	Caja C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, T9	6,141.97
18	Caja C20, T8	2,415.66

RESUMEN METRADO – ACERO ESTRUCTURAL		
Nº	ESTRUCTURA	Unidad (Kg)
19	Caja C21	931.55
20	Caja C23, CAJA C22, CAJA C24, CAJA C25	4,571.56
21	Caja P1, P2, P3, P4	3,828.44
22	Caja L1, L2, L3, L4, L5	3,687.39
23	Estructura de disposición y entrega	1,424.00
TOTAL		351,340.80

Fuente: Elaboración propia

3.9.6. Análisis de ciclo de vida

3.9.6.1. Definición del objetivo y alcance del ACV en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá

3.9.6.1.1. Objetivo del ACV

Esta investigación tiene como objetivo identificar los impactos ambientales negativos y puntos críticos generados durante el ciclo de vida del tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá. Esto con el fin de una vez identificados los puntos críticos en el ciclo de vida, se puedan establecer medidas para disminuir los impactos ambientales negativos generados por el tratamiento de aguas residuales. Esta investigación surge con el fin de fundamentar una tesis de pregrado dirigida a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Esta investigación será publicada con fines académicos, este documento se encuentra dirigido a las instituciones públicas que se encuentran involucradas en el proceso de tratamiento de aguas residuales, además de estar dirigida al público en general que se encuentren interesados en realizar algún estudio de análisis de ciclo de vida. Los estudios de ACV buscan establecer una mayor sostenibilidad medioambiental en las PTAR, mostrando los impactos ambientales ocasionados por las disposiciones consideradas respecto a su diseño y operación (Chauca, 2015).

3.9.6.1.2. Alcance del ACV

Para establecer el alcance del ACV de esta investigación se consideró un diagrama de flujo compuesto por tres fases, donde la primera fase del ciclo de vida, está representada por el suministro de las materias primas que usaron en la construcción de la planta. Respecto a sector de construcción en el Perú, los materiales más utilizados son el acero y concreto (Balmaceda, 2021), es por ello que para esta fase se tomó en cuenta el insumo más influyente en la producción del concreto que es el cemento, así mismo, se consideró el acero de refuerzo. Se determinó que se usaron 3763.23 m³ de concreto con una resistencia a la compresión de 250 Kg/cm², complementado con 351340.80 Kg de acero de refuerzo. Respecto a la cantidad de bolsas de cemento asciende a 33869 bolsas, este valor fue determinado usando las referencias bibliográficas presentes en el SimaPro, donde se indica que para la elaboración de un 1m³ de concreto de

resistencia de 20MPa se requieren 9 bolsas de cemento. Las cantidades mencionadas respecto al concreto y acero se determinaron mediante la metrados de los planos estructurales que fueron proporcionados por la entidad a cargo de la PTAR. Para esta fase también se considera el transporte del acero que presenta un recorrido de 361 Km, desde la planta de producción de la empresa Aceros Arequipa (Pisco-Ica) hasta la PTAR y también se tomó en cuenta el transporte del cemento de 388 km de recorrido, tomando en cuenta el recorrido desde la planta de fabricación de la empresa Cemento Andino (Condorcocha-Junín) hasta la PTAR de Totorá. La segunda fase del ciclo de vida está hace referencia a la construcción de la PTAR, donde se tomó en cuenta el concreto utilizado y la electricidad consumida por las labores de construcción, sabiendo que se consumen 0.04 kWh por metro cubico de concreto fabricado (Foley et al., 2010, como se citó en Torre, A, 2018), aplicado para este estudio representa el consumo de 150.53 kWh. Se consideró el uso del concreto debido a que es el material más utilizado respecto a la construcción de infraestructuras. La tercera fase hace la referencia al uso de la PTAR, donde el proceso de tratamiento está conformado por el tratamiento mecánico, tratamiento biológico, post tratamiento, tratamiento de lodos y la desinfección. Se consideró como parte del ciclo de vida el uso de 1440 Kg de hipoclorito de calcio al 15% para el control de los malos olores de los residuos retenidos en el tratamiento primario, además, se tomó en cuenta el uso de 125 Kg de hipoclorito de calcio al 65-70% y 8300 Kg el cloro líquido utilizados en etapa de desinfección para el tratamiento de 12116748.51 m³ de aguas residuales. Se tomó en cuenta la electricidad utilizada en los diversos procesos de tratamiento, se supo que consumo para el año 2022 que fue 28191.62 kWh. Finalmente se consideró el transporte de los insumos químicos antes mencionados obteniendo que para el transporte del hipoclorito de calcio al 15% se recorrió 552 km, para el hipoclorito de calcio al 65-70%, 539 km y para el cloro líquido 552 km. Las distancias fueron determinados trazado el recorrido que se existe desde los almacenes y fábricas de las empresas proveedoras hasta la PTAR.

Para esta investigación no se consideró la fase de fin de ciclo que involucra las actividades de demolición, reciclaje de materiales o eliminación de materiales (Corzo, 2016). La importancia de esta etapa en los estudios de ciclo vida en infraestructuras es casi insignificante, Corzo (2016) en su estudio de ACV aplicado en una vivienda unifamiliar en Huancayo demostró que la etapa de fin de ciclo presenta un porcentaje poco significativo puesto que no superó el 15% de participación en ninguna de los indicadores ambientales estudiados. Cáceres, A (2016) aplicó el ACV en dos edificaciones en la ciudad de Lima obteniendo resultados poco relevantes en relación a la influencia de la etapa de fin de ciclo en las categorías de impacto ambiental consideradas. Otro punto a tomar en consideración es la continua renovación y ampliación de las PTAR, lo cual lleva a

que no se llegue a demoler por completo las infraestructuras, por tanto, no se tomaría en consideración la etapa de demolición (Renou et al., 2008, como se citó en Torre, A, 2018).

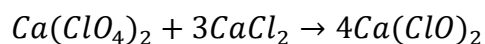
La función del sistema es el tratamiento de aguas residuales provenientes de uso doméstico y la unidad funcional es 1 m³ de agua residual purificada en planta de tratamiento en el año 2022. Se tiene en cuenta para esta investigación el periodo de uso de la PTAR desde el año 2004 a 2022, esto para poder calcular el impacto generado por la infraestructura en el año 2022.

La asignación de procedimientos según se indica en la NTP-ISO 14044:2019 que las entradas y salidas deben mencionar a los distintos productos en relación con procedimientos claramente especificados que deben registrar y exponer (INACAL, 2019). En este caso se asignaron tres fases que son la de materias primas y transportes, construcción de la PTAR y uso de la PTAR. Adicionalmente, NTP-ISO 14044:2019 recomienda que debe evitarse la división del proceso en dos o más subprocesos puesto que no se podría reflejar las relaciones físicas que existentes entre ellas, en caso no se pueda evitar esta fragmentación se recomienda que se separen las entradas y salidas del sistema entre varios productos independientes para garantizar que se puedan modificar en términos cuantitativos. Para esta investigación, no fue necesario una asignación de coproductos debido a que no cuenta con ellos. La NTP-ISO 14044:2019 en su ítem 4.3.4.3 establece que los lineamientos de asignación también se utilizan en la fase de reciclaje y reutilización (INACAL, 2019). Los residuos que se generan durante el proceso construcción de la PTAR, se reincorporan al proceso, ya que se aplicó el procedimiento de circuito cerrado, en el que el material de salida desplaza una cantidad equivalente de la materia prima para el siguiente ciclo de producción. Respecto a la fase fin de ciclo de vida, para esta investigación no se considerado.

Así mismo para poder establecer las categorías de impacto ambiental del estudio, antes se tiene que fijar el tipo metodología de evaluación de impacto ambiental que se utilizará. El software SimaPro contiene diversas metodologías como Impact 2002+, CML-IA, USEtox, IPCC 2006, Eco Indicador 99, EPS y ReCiPe. Cada una de estas metodologías son únicas y reúnen sus propias categorías de impacto. Para este estudio se usará la metodología ReCiPe se caracteriza por convertir los resultados del inventario de ciclo de vida en puntuaciones que hacen más comprensibles el estado de una categoría de impacto ambiental (Pré Sustainability, 2016). El ReCiPe presenta categorías a dos niveles, el primer nivel reúne 18 categorías de impacto ambiental (*Midpoint*) y el segundo nivel presenta 3 categorías de impacto ambiental (*Endpoint*), cada uno de estos niveles están sujetos de 3 perspectivas culturales: el individualista (corto plazo), jerarquista (modelo predeterminado) y el igualitario (largo plazo) (Pré Sustainability, 2016). La metodología Midpoint se caracteriza por su eficiencia en la cuantificación de

los impactos ambientales con mayor precisión, así mismo cada categoría brinda valores particulares y no comparables entre sí. La desventaja de esta metodología radica en su complicada interpretación. Así mismo la metodología Endpoint ejecuta modelos más complejos con mayor incertidumbre, pero su ventaja radica en que los resultados se presentan en tres niveles más altos (áreas de protección), facilitando la interpretación de los resultados (ReCiPe, 2016, como se citó en Balmaceda, 2021). Para esta investigación se consideró el uso la metodología ReCiPe Midpoint puesto que se busca cuantificar los impactos ambientales generados en las categorías de impacto de calentamiento global (Kg CO₂ eq) y eutrofización (Kg N eq).

La fase de interpretación consiste en una evaluación de los resultados, para ello se puede tomar en cuenta los análisis de coherencia, sensibilidad y de integridad como medio para establecer una verificación acertada. Es frecuente el uso del análisis de sensibilidad debido a que permite cambiar una variable por otra, ya que tiene la capacidad de establecer una comparación de resultados entre dos variables (INACAL, 2019). El método One-at-a-time (OAT) permite a establecer cambios en la forma de uso, la cantidad o el tipo de insumo usado en cada uno de los parámetros de entrada con el objetivo de calcular la influencia de cada uno de los nuevos parámetros en el sistema, esta particularidad permite al autor de un estudio ACV establecer los valores del inventario de ciclo de vida de forma arbitraria (Groen et al., como se citó en Pinzón, J., 2018). En este estudio se utilizará el método de OAT debido a que la lista de procesos del SimaPro no se cuenta incorporado una actividad relacionada al uso de hipoclorito de calcio, es por ello que se decidió reemplazarlo por el cloruro de calcio, teniendo en cuenta que la siguiente formula química:



Donde:

- Ca (ClO₄)₂ : Perclorato de calcio.
- CaCl₂ : Cloruro de calcio.
- Ca (ClO)₂ : Hipoclorito de calcio.

Para establecer la alimentación de datos respecto a la cantidad de cloruro de calcio que reemplazará al hipoclorito de calcio, se estableció una relación de cantidades mediante el uso de los valores de la estequiometría.

Respecto a la calidad de los datos usados para la conformación del inventario de ciclo de vida del proceso de tratamiento de aguas residuales, se debe mencionar que los principales involucrados en el suministro de información fue SEDA AYACUCHO que es la entidad encargada del funcionamiento de la PTAR de Totorá. La recopilación de datos se efectuó mediante la presentación de solicitudes dirigidas a SEDA AYACUCHO, solicitando acceso a los planos

estructurales de planta, acceso a la lista de proveedores de insumos químicos en el año 2022, información sobre las cantidades de insumos químicos usados en el proceso de tratamiento en el año 2022 y el consumo eléctrico que hubo en planta en el año 2022, además se hizo una visita técnica. No obstante, no se obtuvieron datos sobre consumo de energías y producción de residuos correspondientes a la etapa de construcción de la PTAR debido a que el proyecto fue ejecutado entre los años 2002 a 2004 y no existe un registro. Como solución a este punto se planteó el uso de información proporcionada por artículos donde se realizaron estudios de análisis de ciclo de vida en planta de tratamiento y proyectos de infraestructura en el Perú.

[INACAL \(2019\)](#) mediante la NTP-ISO 14044:2019 indica que requisitos se deben tomar en cuenta para garantizar la calidad de los datos que se utilizaran en el ICV, tomando en cuenta estas especificaciones, la calificación considera de datos recopilados para esta investigación son:

Cuadro N°3.8: Cuadro calidad de datos

Entrada	Data Set- SimaPro	Requisitos		
		Tp	Geo	Tec
FASE 01: MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES				
Acero	Reinforcing steel {RoW} reinforcing steel production Cut-off, U	4	4	4
Cemento	Cement, Portland {PE} cement production, Portland Cut-off, U	4	4	4
Transporte de acero	Transport, freight, lorry, unspecified, Steel {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	4	4	4
Transporte de cemento	Transport, freight, lorry, unspecified, Cement {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	4	4	4
FASE 02: CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR				
Concreto	Concrete, 20MPa {PE} concrete production, 20MPa, self-construction, for building construction, with cement, Portland Cut-off, U	4	4	4

Entrada	Data Set- SimaPro	Requisitos		
		Tp	Geo	Tec
Electricidad	Electricity, low voltage {PE} market for electricity, low voltage Cut-off, U	2	1	4
FASE 03: USO DE LA PTAR				
Electricidad	Electricity, low voltage {PE} market for electricity, low voltage Cut-off, U	4	4	4
Hipoclorito de calcio al 15%	Calcium chloride, 15% {RoW} soda production, solvay process Cut-off, U	4	4	4
Hipoclorito de calcio al 65-70%	Calcium chloride, 65% {RoW} soda production, solvay process Cut-off, U	4	4	4
Cloro líquido	Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {RoW} sodium hypochlorite production, product in 15% solution state Cut-off, U	4	4	4
Transporte hipoclorito de calcio al 15%	Transport, freight, lorry, unspecified, 15% {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	4	4	4
Transporte hipoclorito de calcio al 65-70%	Transport, freight, lorry, unspecified, 65% {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	4	4	4
Transporte cloro líquido	Transport, freight, lorry, unspecified, Chlorine {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

Donde la escala de calificación es:

- 1: Malo
- 2: Regular
- 3: Bueno
- 4: Muy bueno

Respecto a los juicios de valor, para esta investigación se utilizará la clasificación y la caracterización, no se tomará en cuenta la normalización ni la ponderación que son elementos opcionales. Además, no existe revisión crítica puesto que se

trata de un trabajo de investigación de pregrado y el tipo y formato del informe de ACV se encuentra bajo las normativas establecidas por la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.9.6.2. ICV del proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá

Para la obtención de los datos de primer nivel, se evaluaron los componentes involucrados en el proceso de tratamiento para el año 2022, considerando la información obtenida por revisiones bibliográficas y los datos proporcionados por la institución encargada de la PTAR. Para el tratamiento de 1m³ de agua residual para el año 2022 se consideraron, el uso de 0.00069 Kg de cloro líquido, 0.00009 Kg de hipoclorito de calcio al 15%, 0.00001 Kg de hipoclorito de calcio al 65-70%, 0.00038 Tkm en el transporte del cloro líquido, 0.00007 Tkm en el transporte de hipoclorito de calcio al 15%, 0.00001 Tkm en el transporte de hipoclorito de calcio 65-70% y 0.00233 kWh de electricidad, otros datos contemplados en la fase materias primas y transporte fueron 0.00161 Kg de acero corrugado, 0.00660 Kg de cemento, 0.00058 Tkm del transporte del acero y 0.00295 Tkm del transporte de cemento usado para la fabricación del concreto y finalmente para la fase de construcción se consideraron 0.000001 kWh de electricidad y 0.00002 m³ de concreto. Estos valores se determinaron considerando la cantidad total de metros cúbicos de agua que se trataron en el año 2022, así mismo se para la fase 01 y fase 02 se consideró el periodo de uso de planta.

Cuadro N°3.9: Inventario de ciclo de vida para tratamiento de 1m³ de agua residual en la PTAR de Totorá

Insumos	Data Set- SimaPro	Cantidad	Unidad	Observaciones
FASE 01: MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES				
Acero	Reinforcing steel {RoW} reinforcing steel production Cut-off, U	0.00161	Kg/m ³	Se tomó el peso total de todos los aceros utilizados
Cemento	Cement, Portland {PE} cement production, Portland Cut-off, U	0.00660	Kg/m ³	Se tomó el peso total del total de bolsas de cemento que se utilizaron para la fabricación del concreto
Transporte de acero	Transport, freight, lorry, unspecified, Steel {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	0.00058	Tkm/m ³	Se encuentra en función de los kilómetros recorridos por el vehículo para el traslado del insumo hasta la PTAR
Transporte de cemento	Transport, freight, lorry, unspecified, Cement {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	0.00256	Tkm/m ³	Se encuentra en función de los kilómetros recorridos por el vehículo para el traslado del insumo hasta la PTAR

Insumos	Data Set- SimaPro	Cantidad	Unidad	Observaciones
FASE 02: CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR				
Concreto	Concrete, 20MPa {PE} concrete production, 20MPa, self-construction, for building construction, with cement, Portland Cut-off, U	0.00002	m ³ /m ³	Se tomará variable referente que hace referencia la concreto de resistencia a la compresión de 20MPa.
Electricidad	Electricity, low voltage {PE} market for electricity, low voltage Cut-off, U	0.000001	kWh/m ³	Esta actividad parte de 1kWh de electricidad inyectada a la red de transmisión de baja tensión.
FASE 03: USO DE LA PTAR				
Electricidad	Electricity, low voltage {PE} market for electricity, low voltage Cut-off, U	0.00233	kWh/m ³	Esta actividad parte de 1kWh de electricidad inyectada a la red de transmisión de baja tensión.
Hipoclorito de calcio al 15%	Calcium chloride, 15% {RoW} soda production, solvay process Cut-off, U	0.00009	kg/m ³	Esta actividad hace referencia a los insumos y energías usadas en la producción del cloruro de calcio. Este insumo es usado para el control de malos olores.
Hipoclorito de calcio al 65-70%	Calcium chloride, 65% {RoW} soda production, solvay process Cut-off, U	0.00001	kg/m ³	Esta actividad hace referencia a los insumos y energías usadas en la producción del cloruro de calcio. Este insumo es usado en el proceso de desinfección.
Cloro líquido	Sodium hypochlorite, without water, in 15% solution state {RoW} sodium hypochlorite production, product in 15% solution state Cut-off, U	0.00069	kg/m ³	Esta actividad hace referencia a los insumos y energías usadas en la producción del cloro líquido. Este insumo es usado en el proceso de desinfección.
Transporte hipoclorito de calcio al 15%	Transport, freight, lorry, unspecified, 15% {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	0.00007	Tkm/m ³	Se encuentra en función de los kilómetros recorridos por el vehículo para el traslado del insumo hasta la PTAR.
Transporte hipoclorito de calcio al 65-70%	Transport, freight, lorry, unspecified, 65% {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	0.00001	Tkm/m ³	Se encuentra en función de los kilómetros recorridos por el vehículo para el traslado del insumo hasta la PTAR.

Insumos	Data Set- SimaPro	Cantidad	Unidad	Observaciones
Transporte cloro líquido	Transport, freight, lorry, unspecified, Chlorine {RoW} transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to generic market for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	0.00038	Tkm/m ³	Se encuentra en función de los kilómetros recorridos por el vehículo para el traslado del insumo hasta la PTAR.

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados las bibliotecas en el SimaPro, se debe definir la producción del hipoclorito de calcio, puesto que esta variable no se encuentra disponible en el SimaPro 9.5.0.2, lo cual generó la búsqueda de un reemplazo con las variables existentes en el software, es así que se consideró como reemplazo el cloruro de calcio, debido a que este compuesto químico presenta una influencia directa en la elaboración del hipoclorito de calcio posibilitando buscar una relación de las cantidades mediante el uso de la estequiometría, donde, por 4 Kg de hipoclorito de calcio se requieren de 3 Kg de cloruro de calcio. Así mismo se debe de indicar que el concreto estructural utilizado en la construcción de la PTAR presenta una resistencia a la compresión de 250 Kg/cm², no obstante, debido a que no existe una variable en el software respecto a la fabricación de concreto en el Perú con la mencionada resistencia, se usará la variable que hace referencia al concreto de resistencia a la compresión de 20MPa que se encuentra aplicado al Perú, en este sentido se debe de indicar que el cálculo respecto cantidad y transporte del cemento se necesitó conocer la cantidad de bolsas de cemento, para ello se consideró la información utilizada por SimaPro, donde se indica que en el Perú se utiliza 9 bolsas de cemento en elaboración de un metro cúbico de concreto con resistencia a la compresión de 20MPa y que cada bolsa de cemento pesa 42.5 Kg.

3.9.6.3. EICV del proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá

Para evaluar los impactos ambientales negativos ocasionados por el proceso de tratamiento de aguas residuales, se utilizó el método ReCiPe 2016 Midpoint (H) debido a su capacidad de cuantificar impactos ambientales negativos. ReCiPe 2016 Midpoint (H) en su primero nivel considera 18 categorías de impacto ambiental, las cuales son: I) calentamiento global, II) agotamiento del ozono estratosférico, III) radiación ionizante, IV) formación de ozono (salud humana), V) formación de partículas finas, VI) formación de ozono (ecosistemas terrestres), VII) acidificación terrestre, VIII) eutrofización de agua dulce, IX) eutrofización marina, X) ecotoxicidad terrestre, XI) ecotoxicidad del agua dulce, XII) ecotoxicidad marina, XIII) toxicidad cancerígena humana, XIV) toxicidad humana no cancerígena, XV) uso del suelo, XVI) escasez de recursos minerales, XVII) escasez de recursos fósiles y XVIII) consumo de agua. Las categorías de impacto ambiental considerados en el presente estudio son el calentamiento global y la

eutrofización acuática, puesto que, son categorías que influyen negativamente en el medioambiente y se requiere de un análisis exhaustivo.

El calentamiento global hace referencia a el aumento de la temperatura promedio del planeta, lo cual se manifiesta en el incremento de la intensidad de los fenómenos climáticos en el planeta, así como la disminución de áreas de recubiertas de nieve, desprendimientos de hielo en los polos, derretimiento de glaciares, alteración de climas y ecosistemas, afectación a la flora y fauna, cambios en ciclo hidrológico, afectación a la salud humana, propagación de enfermedades, incremento del nivel del mar y amenaza a la producción agrícola (León, 2021). Los efectos del calentamiento global se pueden evidenciar a nivel global y local, es por ello que, el estado peruano en cumplimiento de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, sus siglas en inglés) se compromete a que sus emisiones de gases de efecto invernadero alcancen un nivel máximo de 179 Mt CO₂ eq y de no excedan de 208.80 Mt CO₂ eq para el año 2030, además de establecer los lineamientos en materia de adaptación para el cambio climático (MINAM, 2020). Teniendo en cuenta esta información se puede inferir la importancia de cuantificar las cantidades de CO₂ generados por los diversos procesos y actividades realizadas por el hombre. Así mismo la eutrofización es originada por el incremento de nutrientes de fósforo y nitrógeno en un cuerpo de agua, suscitando el crecimiento descontrolado de algas y otras plantas con pigmentación verde, que llegan a recubrir toda la superficie por tanto impide el acceso de la luz solar al interior del cuerpo de agua, además, estas plantas generan residuos orgánicos que al desintegrarse consumen abundante oxígeno disuelto provocando la muerte de la flora y fauna por asfixia (Soncco & Alvarez, 2020). La eutrofización puede ser ocasionado por diversos factores como la ganadería, la agricultura, el comercio, actividades económicas, las industrias, las construcciones urbanísticas, etc. (Conci et al, 2020), es decir la eutrofización se puede generar en todas actividades donde se ve involucrado la mano hombre.

Estas dos categorías son consideradas frecuentemente en los estudios de análisis de ciclo de vida en el proceso de tratamiento de aguas residuales en el Perú, como Torre (2018) que tomó en cuenta como categorías de estudio el potencial de eutrofización y calentamiento global para su estudio de ACV en para una PTAR para la ciudad de Huaraz, llegando a cuantificar valores en respecto a la eutrofización según la temporada de estiaje y tormenta, además de establecer las cantidades respecto al calentamiento global. Belmonte (2018) realizó una evaluación de impacto ambiental usando el método de ACV aplicado en el tratamiento y reutilización de aguas residuales domésticas en la zona rural de Jaén, considerando como categorías de estudio el cambio climático, disminución de la capa de ozono, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina, formación de oxidantes fotoquímicas, formación de materia particulada, agotamiento de metal y agotamiento de combustibles fósiles.

[Cusiche \(2017\)](#) analizó la contaminación del lago Junín, estableciendo un modelo de ecodiseño para mitigar la contaminación por aguas residuales domésticas e industriales, a su vez utilizó el método ACV donde se consideró la eutrofización de las aguas y toxicidad como las categorías de impacto ambiental.

Así mismo, el calentamiento global y la eutrofización son categorías constantemente utilizadas en diversos estudios nacionales de ACV, por ejemplo, [Montoya \(2021\)](#) que utilizó la metodología del ACV en una PTAP de la ciudad de Lima, considerando como categorías de cambio climático, el calentamiento global, identificando la cantidad de Kg CO₂ eq generado por metro cúbico de agua potabilizada, por otro lado, contempló como categoría de estudio la eutrofización de agua dulce y marina. [Cáceres \(2016\)](#) en su estudio de ACV aplicado en dos modelos de edificaciones utilizó diez categorías de impactos, destacando el potencial de calentamiento global y eutrofización. En esta misma línea [Corzo \(2016\)](#) implemento la metodología de ACV para la estimación de impactos ambientales de una vivienda unifamiliar para la ciudad de Huancayo, definiendo ocho categorías ambientales: potencial de calentamiento global, potencial de agotamiento de ozono, efectos sobre la salud humana, potencial de acidificación marina, potencial de eutrofización, consumo de energía primaria y potencial de smog, en esta misma línea [García \(2014\)](#) analizó una vivienda unifamiliar para la ciudad de Lima utilizando el consumo de energía primaria, potencial de acidificación, uso de recursos, consumo de combustibles fósiles, emisiones o desechos al suelo, potencial de calentamiento global, potencial de eutrofización, potencial de formación de smog y criterios de salud humana como sus categorías de estudio. Por otro lado, [Calle \(2019\)](#) buscó identificar que fase de ciclo de vida de un edificio de oficinas en Lima contribuye en mayor medida en el impacto ambiental, para ello tomo en cuenta diez categorías de impacto de la herramienta TRACI, los cuales son: el calentamiento global, eutrofización, acidificación, pérdida de la capa de ozono, formación de smog, sustancia cancerígena, sustancia no cancerígena, ecotoxicidad, uso de combustibles fósiles y efectos respiratorios.

El uso del SimaPro se debe a que es uno de los principales software destinados para los estudios de ACV, esto a que emplea una matriz invertida que presenta algoritmo potente que permite procesar miles de actividades en un solo cálculo ([Curran., como se citó en Pinzón, J., 2018](#)). Otro motivo por el que considero el uso de este software se basa en que muchas de las investigaciones de ACV elaboradas en el Perú y que son mencionadas en esta investigación utilizan el SimaPro.

El SimaPro versión 9.5.0.2 proporciona tablas, gráficos y diagramas de red donde se representan didácticamente los resultados del estudio. El SimaPro otorga tablas donde se indican las cantidades de las emisiones producidas según el tipo

de categoría de impacto ambiental y el proceso o subsistema considerado en la investigación, estos resultados pueden ser dispuestos en cantidades numéricas o en porcentajes. En el cuadro N°3.10 se visualizan los resultados en porcentaje respecto a los impactos ambientales negativos generados por las tres fases de estudio relacionados a las categorías de calentamiento global y eutrofización. Obteniéndose que, para el calentamiento global, la fase de materias primas y transporte produjo el 48.71% de las emisiones de CO₂, la fase de construcción de la PTAR generó el 38.75% de la emisión de CO₂ y finalmente la fase uso de la PTAR ocasionó el 12.54%. En caso de la categoría de eutrofización, la fase de materias primas y transporte produjo el 51.42% de las emisiones de N, la fase de construcción de la PTAR, el 25.67% y la fase uso, el 22.91%.

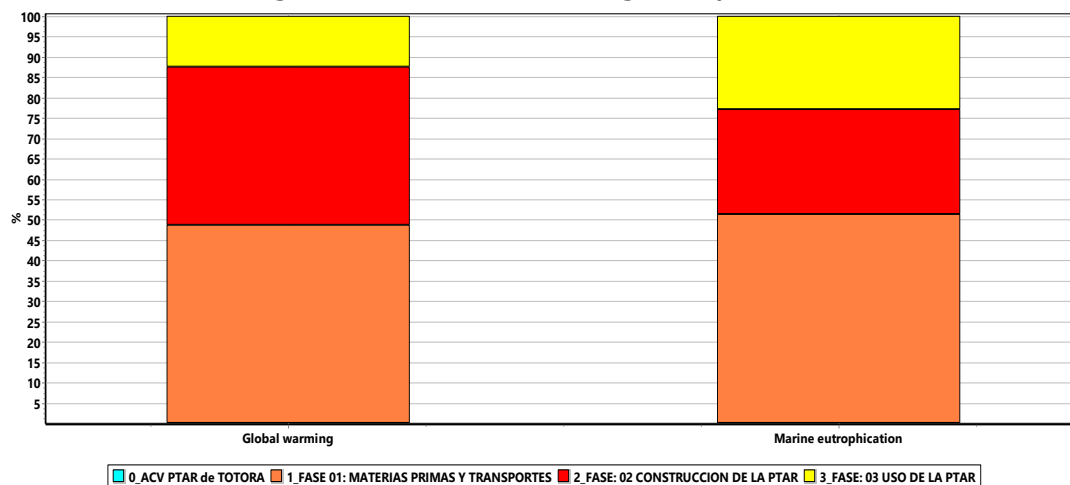
Cuadro N°3.10: Tabla de análisis de impacto del proceso de tratamiento expresadas en porcentaje

CATEGORÍA DE IMPACTO	FASE 01 MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES	FASE 02 CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR	FASE 03 USO DE LA PTAR	TOTAL
Calentamiento global	48.71%	38.75%	12.54%	100%
Eutrofización	51.42%	25.67%	22.91%	100%

Fuente: SimaPro, como parte del estudio

Así mismo, el SimaPro proporciona gráficos que permite evaluar y relacionar las categorías de impacto con los procesos o subsistemas implicados en el estudio (Pinzón, 2018). La figura N°3.3 muestra el gráfico de columnas apiladas que plasma la caracterización de las categorías de impacto relacionados con los procesos analizados en el estudio. La información contenida en este gráfico viene a ser la misma que indica en el cuadro N°3.10.

Figura N°3.3: Caracterización del ciclo de vida de los procesos en relación con las categorías de calentamiento global y eutrofización

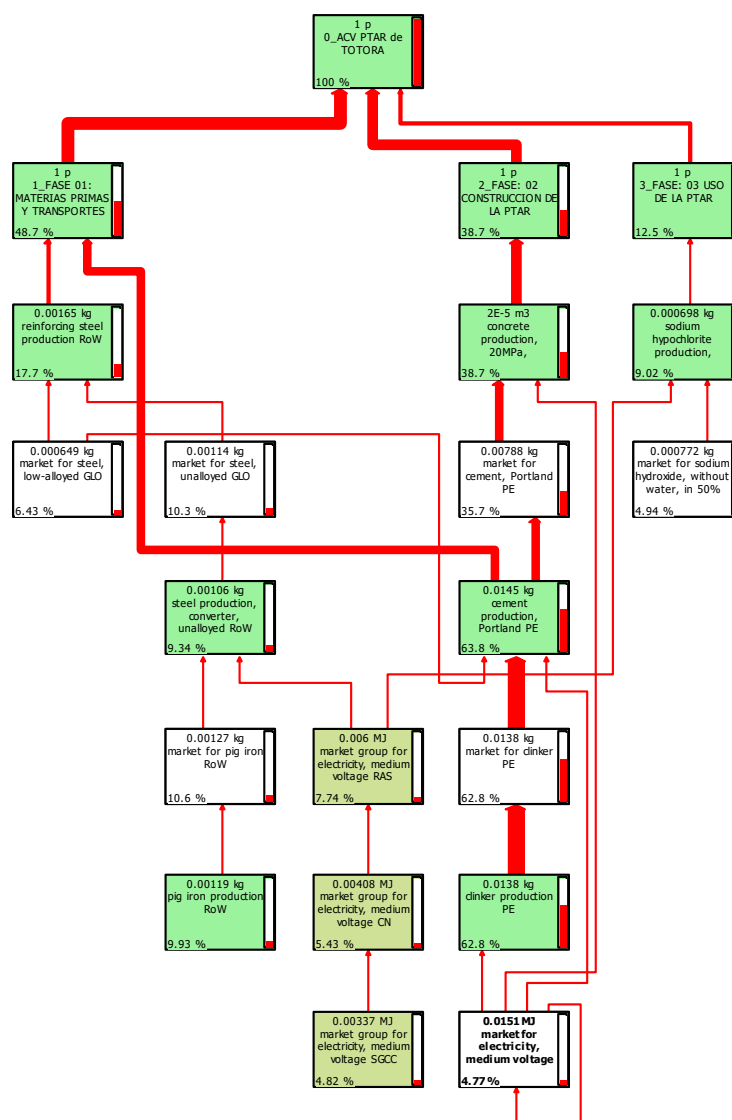


Analizando 1 p '0_ACV PTAR de TOTORA'; Método: ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.08 / World (2010) H / Caracterización

Fuente: SimaPro, como parte del estudio

Finalmente, Simapro brinda el diagrama de red que está constituido por cuadros que contiene información detallada, como, los nombres de los procesos, entradas y salidas más relevantes (Pinzón, 2018), además de las cantidades establecidas en el inventario de ciclo de vida, las cantidades de impacto ambiental generado según la categoría establecida y un termómetro que representa el aporte relativo de cada proceso (Goedkoop et al, 2016). El diagrama de red se encuentra interrelacionada mediante líneas, donde, el grosor de la línea expresa la cantidad de emisiones relacionadas con determinados procesos (Kerkhof & Goedkoop, 2010).

Figura N°3.4: Diagrama de red del ciclo de vida representando las emisiones de CO₂ asociadas al proceso de tratamiento



Fuente: SimaPro, como parte del estudio

La figura N°3.4 muestra el diagrama de red que representa los resultados obtenidos en relación al calentamiento global. Analizando la figura en un valor de

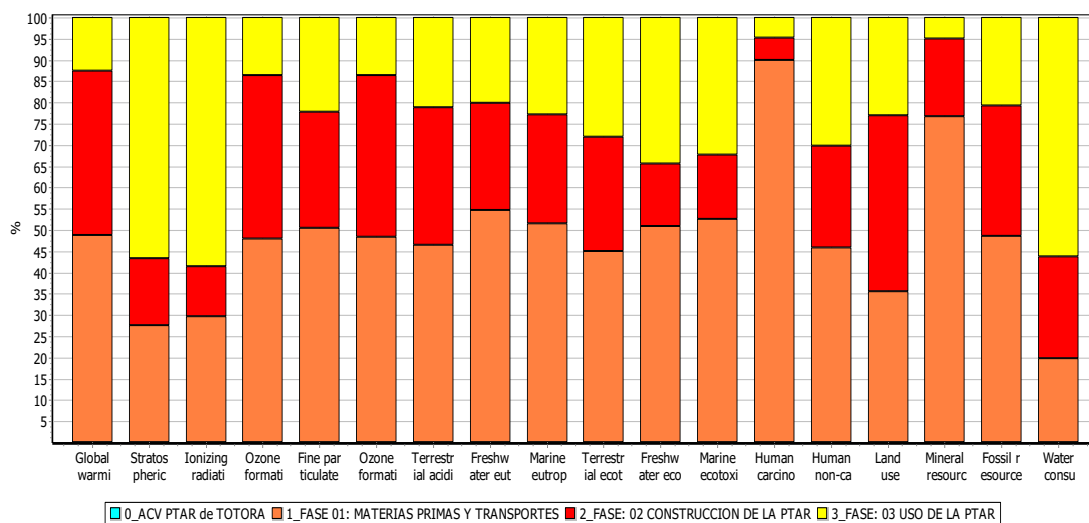
detalle del 4.7%, la fase de materias primas y transportes es la que aporta más respecto a la emisión de CO₂, en segundo lugar, se encuentra la fase de construcción de la PTAR y por último la fase de uso. Interpretando el grosor de las líneas y el estado de los termómetros se comprueba lo antes mencionado, que, de las tres fases consideradas, la fase que más contribuye a la generación en el calentamiento global es la fase de materias primas y transportes. Así mismo, SimaPro puede representar el estado respecto a las emisiones relacionadas a la eutrofización mediante el mencionado diagrama.

3.9.6.4. Interpretación del ciclo de vida del proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá

La NTP ISO 14044:2019 indica que es la etapa del método de análisis de ciclo de vida donde se identifica la información más relevante de los resultados del ICV y EICV para establecer las conclusiones del estudio, indicar las limitaciones y establecer las recomendaciones pertinentes. En la etapa de interpretación se debe estimar y constatar el análisis de sensibilidad de los datos y los métodos utilizados para poder interpretar adecuadamente los resultados (INACAL, 2019).

Teniendo en cuenta lo último, se debe mencionar que utilizó el método ReCiPe 2016 Midpoint, que tiene la capacidad de evaluar 18 categorías de impacto ambiental. Así mismo realizando un análisis de los resultados en general, se presenta la figura N°3.5, que muestra las 18 categorías de impacto ambiental, observándose que la fase de materias primas y transportes presenta una incidencia en 14 categorías de impacto ambiental, mientras que la fase de uso de la PTAR repercute en 3 categorías de impacto ambiental. La fase de construcción de la PTAR presenta influencia representativa en una de las categorías de impacto ambiental.

Figura N°3.5: Caracterización del ciclo de vida del proceso de tratamiento de aguas residuales



Analizando 1 p '0_ACV PTAR de TOTORÁ'; Método: ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.08 / World (2010) H / Caracterización

Fuente: SimaPro, como parte del estudio

No obstante, para esta investigación únicamente se consideraron el calentamiento global y la eutrofización. Los resultados obtenidos respecto al calentamiento global indican que se produce 0.020298 Kg CO₂ eq por metro cúbico de agua residual tratada. Así mismo, las emisiones de CO₂ respecto a las fases consideradas en el proceso de tratamiento se tiene que la fase 01 de materias primas y transportes emite 0.0098871 Kg CO₂ eq por metro cúbico de agua residual tratada, la fase 02 de construcción de la PTAR emite 0.007865 Kg CO₂ eq por metro cúbico de agua residual tratada y la fase 03 de uso de la PTAR genera 0.002546 Kg CO₂ eq por metro cúbico de agua residual tratada. De igual modo, para la eutrofización los resultados indican que se produce en total 3.40×10^{-7} Kg N eq por metro cúbico de agua residual tratada. La fase 01 de materias primas y transportes emite 1.75×10^{-7} Kg N eq por metro cúbico de agua residual tratada, la fase 02 de construcción de la PTAR emite 8.74×10^{-8} Kg N eq por metro cúbico de agua residual tratada y la fase 03 de uso de la PTAR genera 7.80×10^{-8} Kg N eq por metro cúbico de agua residual tratada.

Cuadro N°3.11: Tabla de análisis de impacto del proceso de tratamiento expresadas en cantidades numéricas

CATEGORÍA DE IMPACTO	UND	FASE 01 MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES	FASE 02 CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR	FASE 03 USO DE LA PTAR	TOTAL
Calentamiento global	kg CO ₂ eq/m ³	0.0098871	0.007865076	0.002546	0.020298
Eutrofización	kg N eq/m ³	1.75×10^{-7}	8.74×10^{-8}	7.80×10^{-8}	3.40×10^{-7}

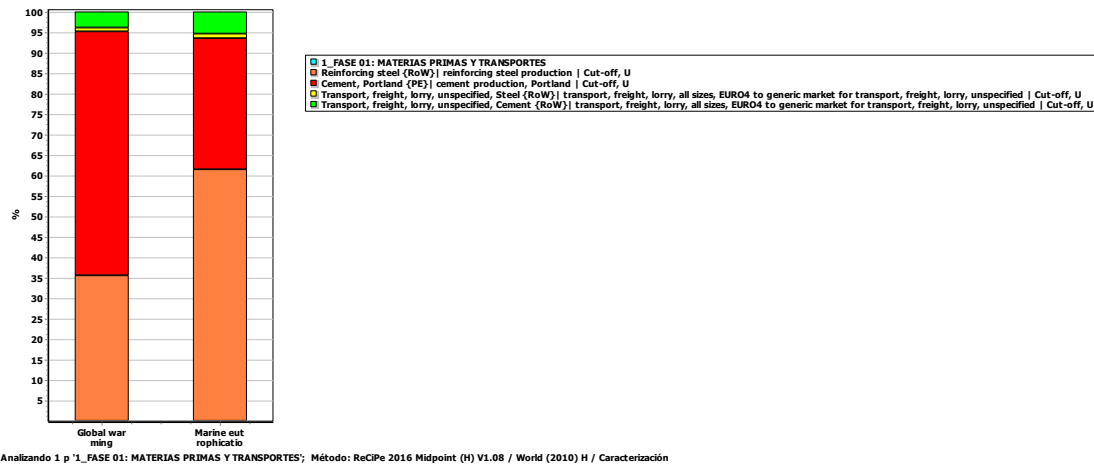
Fuente: SimaPro, como parte del estudio

Igualmente se realizará la interpretación de las fases consideradas como parte del ciclo de vida con la finalidad de realizar un análisis más profundo y poder determinar cuáles son las entradas y salidas que presentan más incidencia en las emisiones ambientales relacionadas con el calentamiento global y la eutrofización, de igual manera se por identificará los puntos críticos y finalmente establecerá alternativas de uso para poder disminuir los impactos ambientales negativos generados por el proceso de tratamiento de aguas residuales.

La fase 01 que hace referencia a las materias primas y transportes, contiene como entradas el acero corrugado, el cemento, el transporte del acero y el transporte del cemento. Para el análisis se utilizó el ReCiPe 2016 Midpoint como método de cálculo de los impactos ambientales. Tal como se muestra en la figura N°3.6, el cemento (59.66%) y el acero (35.55%) representa las entradas con mayor influencia en las emisiones respecto al calentamiento global, de igual forma se tiene que el transporte de cemento (3.91%) y el transporte de acero (0.88%) presentaron menor influencia en la emisión de CO₂. De la misma

manera, para la eutrofización se obtuvo que el acero (61.53%) y el cemento (31.99%) son los principales generadores de esta categoría de impacto ambiental y las entradas con menor representatividad fueron el transporte de cemento (5.28%) y el transporte de acero (1.20%).

Figura N°3.6: Caracterización del ciclo de vida de la fase de materias primas y transportes



Fuente: SimaPro, como parte del estudio

Tomando en cuenta los valores indicados en el cuadro N°3.12 se puede inferir que la fase de materias primas y transportes es la que más contribuye respecto a emisión de contaminantes en las categorías examinadas, de igual manera, se sabe que el cemento y acero son las entradas que presentan mayor aporte. Esto coincide con lo mencionado por Chavez (2022) que expone que la fabricación de acero de refuerzo genera registros altos respecto a las emisiones relacionadas con la huella de carbono, de la misma forma, indica que la producción de cemento es otro factor importante que contribuye con la emisión de los GEI.

Cuadro N°3.12: Tabla de análisis de impactos de la fase de materias primas y transportes en cantidades numéricas

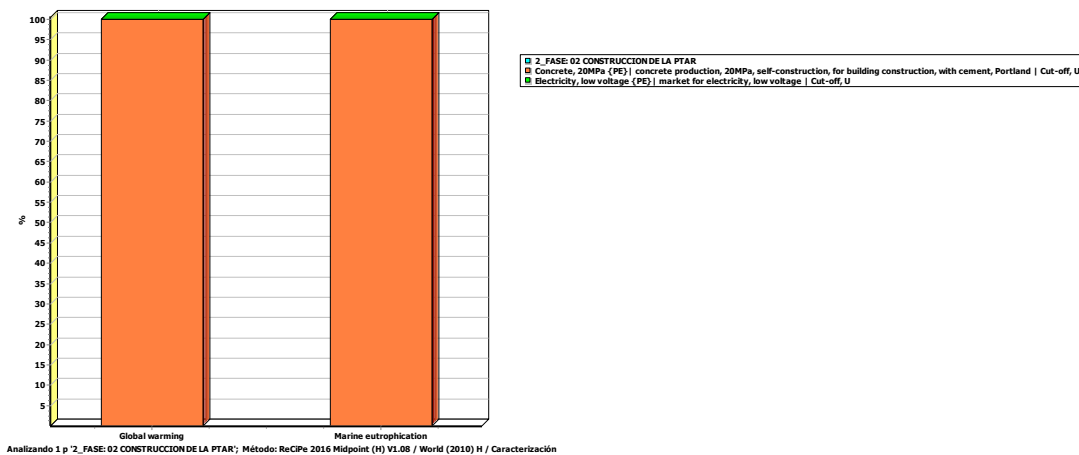
ENTRADA	CALENTAMIENTO GLOBAL (Kg CO ₂ eq/m ³)	EUTROFIZACIÓN (Kg N eq/m ³)
Acero	0.003514838	1.08×10 ⁻⁷
Cemento	0.005898437	5.60×10 ⁻⁸
Transporte de acero	8.75×10 ⁻⁵	2.09×10 ⁻⁹
Transporte de cemento	0.0003863	9.24×10 ⁻⁹
TOTAL:	0.0098871	1.75×10⁻⁷

Fuente: SimaPro, como parte del estudio

La fase 02 referente a la construcción de la PTAR que se encuentra constituida por el uso del concreto y el consumo eléctrico suscitados para las labores de construcción. Se consideró solo estas dos entradas debido a la falta de datos respecto a la cantidad de combustible consumido por parte de SEDA AYACUCHO, del mismo modo, no se encontró información donde se indique la cantidad promedio de combustible que se consume en un proyecto de construcción en el Perú. Los resultados obtenidos indican que esta fase generó 0.00786508 Kg CO₂ eq y 8.74×10^{-8} Kg N eq, siendo claramente la fase con menor emisiones ambientales.

La figura N°3.7 se expone respecto al calentamiento global representa el uso del concreto genera 0.00786482 Kg CO₂ eq que representa el 99.997% de total y el consumo eléctrico genera 2.57×10^{-7} Kg CO₂ eq que representa el 0.003%, de igual forma, para la eutrofización el uso de concreto ocasionó 8.74×10^{-8} Kg N eq que representa el 99.998% del total y el consumo eléctrico produjo 1.49×10^{-12} Kg N eq que presenta el 0.002%. Los resultados obtenidos muestran que los valores generados por el uso de la energía eléctrica son mínimos, esto, contrastan con lo mencionado por Muñoz et al (2012) que menciona que el consumo de energía eléctrica durante fase de construcción es prácticamente inapreciable, por ende, no genera impactos ambientales considerables.

Figura N°3.7: Caracterización del ciclo de vida de la fase de construcción de PTAR

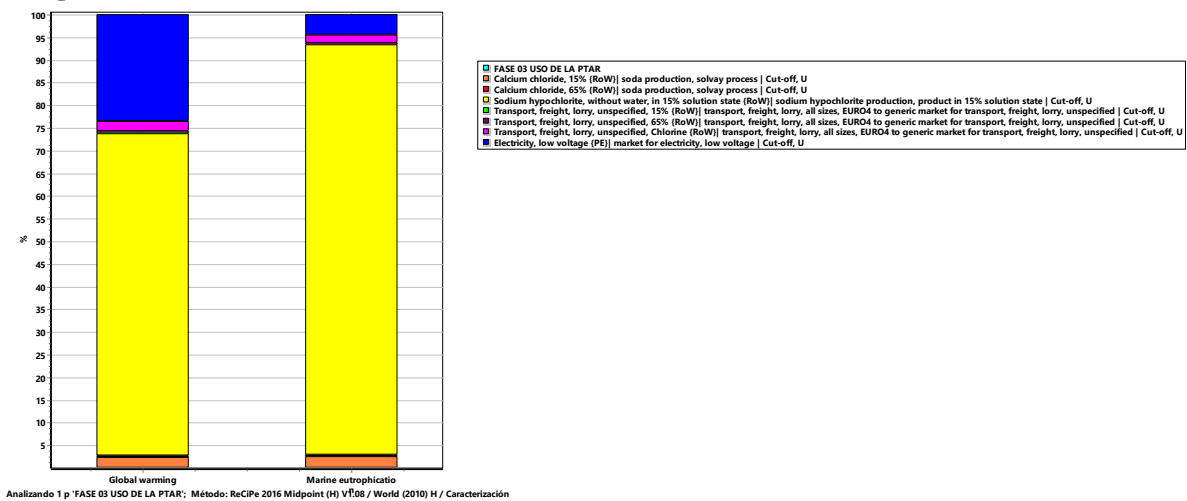


Fuente: SimaPro, como parte del estudio

Finalmente, la fase 03 correspondiente al uso de la PTAR se encuentra conformado por las siguientes entradas: Consumo eléctrico, cloro líquido, hipoclorito de calcio al 15%, hipoclorito de calcio al 65-70%, transporte del cloro líquido, el transporte del hipoclorito de calcio al 15% y transporte del hipoclorito de calcio al 65-70%. Los resultados respecto al calentamiento global, se obtuvo que el cloro líquido representa el 71.12% de la emisión de CO₂ y el transporte de este insumo representa 2.25%, por otro lado el hipoclorito de calcio al 15% produce el 2.41% y el transporte de la misma el 0.41% y el hipoclorito de calcio

al 65-70% genera el 0.27% y su transporte representa el 0.06% y finalmente el consumo de energía eléctrica representa el 23.48%. Como se ve, el consumo de energía eléctrica y el cloro líquido representa las entradas con mayor producción de emisiones de dióxido de carbono. Para el caso de la eutrofización el cloro líquido representa el 90.57% de total de emisión de N generado, haciendo que sea la entrada con mayor incidencia respecto a esta categoría, siguiéndole el consumo eléctrico con 4.46%, el hipoclorito de calcio al 15% con 2.56%, el transporte del cloro líquido con 1.76%, el transporte del hipoclorito de calcio al 15% con 0.32%, el hipoclorito de calcio al 65-70% con 0.28% y el transporte del hipoclorito de calcio al 65-70% con 0.05%. Finalmente se infiere que las entradas con mayor influencia en esta fase son el cloro líquido y consumo de energía eléctrica. Toda la información mencionada se encuentra representada en la figura N°3.8.

Figura N°3.8: Caracterización del ciclo de vida de la fase de uso de la PTAR



Fuente: SimaPro, como parte del estudio

De igual manera se presenta el cuadro N°3.13, donde se exponen las cantidades de los impactos ambientales negativos producidos por un metro cúbico de agua residual tratada según las categorías consideradas en el presente estudio.

Cuadro N°3.13: Tabla de análisis de impactos de la fase de uso de la PTAR en cantidades numéricas

ENTRADA	Calentamiento global (Kg CO ₂ eq/m ³)	Eutrofización (Kg N eq/m ³)
Consumo eléctrico	0.000597911	3.47×10 ⁻⁹
Hipoclorito de calcio al 15%	6.13×10 ⁻⁵	2.00×10 ⁻⁹
Hipoclorito de calcio al 65-70%	6.81×10 ⁻⁶	2.22×10 ⁻¹⁰

ENTRADA	Calentamiento global (Kg CO₂ eq/m³)	Eutrofización (Kg N eq/m³)
Cloro líquido	0.001810664	7.06×10 ⁻⁸
Transporte del hipoclorito de calcio al 15%	1.06×10 ⁻⁵	2.53×10 ⁻¹⁰
Transporte del hipoclorito de calcio al 65-70%	1.51×10 ⁻⁶	3.61×10 ⁻¹¹
Transporte del cloro líquido	5.73×10 ⁻⁵	1.37×10 ⁻⁹
TOTAL:	0.002546099	7.80×10⁻⁸

Fuente: SimaPro, como parte del estudio

La etapa de interpretación de un estudio de ACV permite buscar soluciones y alternativas que puedan ayudar a disminuir los impactos ambientales negativos, es por ello que se identificaron los puntos críticos del proceso de tratamiento de aguas residuales. Los puntos críticos identificados son el cemento y el acero (fase de materias primas y transportes), el concreto (fase de construcción de la PTAR), el consumo eléctrico, el uso del cloro líquido (fase de uso de la PTAR).

3.9.6.4.1. Soluciones para la disminución de los impactos ambientales negativos

Las soluciones respecto al control de los impactos ambientales negativos generados por el concreto, se encuentran enfocados directamente en los componentes utilizados para su fabricación. Uno de estos componentes viene a ser el cemento, que es considerado como un insumo que presenta una alta emisión de contaminantes durante su etapa de producción (Calle, 2019). Existen diversas alternativas de solución a la producción de cemento, a nivel general, Vásquez-Rowe et al (2019) propone diversas soluciones respecto a la reducción de impactos ambientales ocasionados por la producción de cemento en el Perú, haciendo referencia a las mejoras en la infraestructura de la plantas de producción (el incremento de la capacidad en la clinkerización), el reemplazo de fuentes de energía (el uso de gas natural en sustitución del carbón) o el reemplazo de los insumos usados en la fabricación del cemento, en donde se sugiere la sustitución del clinker en un 40% por puzolanas, puesto que se demostró que habría una disminución de un 33.3% respecto a las emisión de CO₂ eq. Adaptando esta información en la investigación, se tendría que el cemento considerado en la fase de materias primas y transportes ya no generaría los 71469.88 Kg CO₂ eq calculados, si no, este valor se reduciría a la cantidad de 47670.41 Kg CO₂ eq.

A nivel de PTAR de Totorá, una solución propuesta se encuentra relacionada a la elaboración del concreto, tomando en cuenta lo expuesto por [Loayza \(2023\)](#) que establece como una solución reemplazar el cemento Portland por cal hidráulica en la producción de concreto, esto debido a que la cal presentó un mejor desempeño ambiental, debido a que respecto al calentamiento global la diferencia en la emisión de CO₂ entre estos insumos fue de 13%, que para el caso de esta investigación, el uso del concreto (usando cemento Portland) generó 95296.05 Kg CO₂ eq, es así mediante el uso de la cal hidráulica la emisión de dióxido de carbono hubiese sido reducida a 82907.56 Kg CO₂ eq, no obstante, es importante indicar que el concreto elaborado con cal hidráulica requiere de un mayor tiempo para alcanzar la resistencia a la compresión en comparación concreto elaborado con cemento Portland, lo cual llevaría a aumentar los tiempos de desencofrado en un promedio de 2 a 7 días. Otra alternativa es propuesta por [Elías et al \(2020\)](#) y [Campos & Saenz \(2020\)](#), que proponer el reemplazo parcial de los agregados convencionales por agregados obtenidos del reciclaje de concreto (proveniente de los desperdicios en obra y demoliciones), puesto que, se demostró que el concreto elaborado con agregados reciclados presenta un mejoramiento respecto a las propiedades físico mecánicas y a la resistencia a la compresión. Respecto a desempeño ambiental [Balmaceda \(2021\)](#) indica que para la elaboración de un concreto de resistencia a la compresión de 210 Kg/cm² (20MPa), donde se utilizaron cemento Portland, agregado convencional (85%), agua y agregado reciclado (15%), los resultados muestran que por 1m³ de concreto elaborado bajo las condiciones mencionadas se presenta una reducción del 0.85% respecto al concreto convencional en cuanto a la emisión de dióxido de carbono, que para el caso de la investigación de haber sido implementada, la emisión de dióxido de carbono se reduciría a 94486.03 Kg CO₂ eq, que aunque se visualiza como una reducción mínima puede ser considerado como una alternativa respecto a la reducción en cuanto al calentamiento global. Existen diversas soluciones que buscan la disminución en las emisiones de contaminante durante la elaboración del concreto, pero la propuesta a nivel de la PTAR de Totorá en cuanto a la elaboración del concreto es la sustitución parcial del cemento por compuestos alternativos con mejor desempeño ambiental o que provengan del reciclaje, y sean utilizados parcialmente en las futuras obras que se ejecutaran como parte de la ampliación de la capacidad de tratamiento de la PTAR.

Las soluciones en cuanto al acero de refuerzo a nivel general, se encuentran relacionados a el consumo de materias primas y el uso de energías ([Cadavid, 2014](#)). Una solución propuesta e implementada por las principales empresas productoras de acero de refuerzo en Perú, es la reutilización de las chatarras (residuos ferrosos) para la producción de nuevos aceros ([Rojas & Patiño, 2022](#)), del mismo modo, [Aceros Arequipa \(2023\)](#) propone como solución para reducción

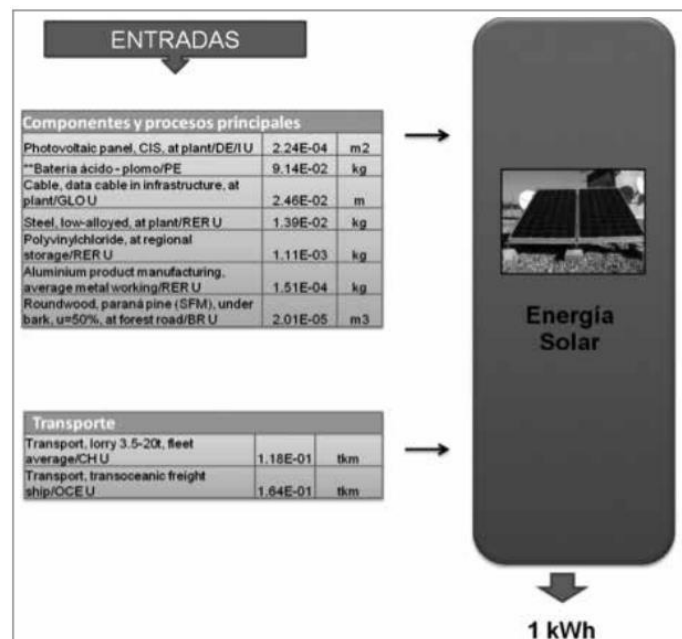
de la huella de carbono mediante el uso del gas natural como reemplazo petróleo diésel, el uso de energía eléctrica generada por centrales hidroeléctricas, el uso de iluminación LED, la reutilización de residuos generados durante la producción del acero, la captación de chatarra nacional, el uso de maquinarias y vehículos eléctricos y el uso de la tecnología de punta para la fabricación del acero. Es importante mencionar que las principales empresas productoras de acero de refuerzo en el Perú se encuentran comprometidas en la reducción de la emisión de contaminantes, tal como se observa en la figura N°2.6 se evidencia una reducción considerable en la emisión de dióxido de carbono. Al nivel de la PTAR de Totorá se recomienda realizar adquisiciones de empresas productoras de acero que cumplan con un plan estratégico de reducción de emisión de contaminantes ambientales.

Otro punto crítico identificado es el uso de energía eléctrica durante la fase de uso de la PTAR ya que es causante de la emisión de contaminantes ambientales, es por ello que, una propuesta respecto a la reducción a este punto viene hacer el uso de la energía fotovoltaica en reemplazo de la energía eléctrica. La energía fotovoltaica es una fuente energía renovable que utiliza la luz solar para generar electricidad (Pareja, 2020), además, de que no consume recursos naturales ni genera emisiones de GEI (García, 2021). Además, existen investigaciones nacionales que también proponen el uso de la energía fotovoltaica en el tratamiento de aguas residuales, como, Ahumada (2017) que propuso como contribución a la reducción de la contaminación mediante la implementación de sistema fotovoltaico que suministre energía eléctrica a un sistema de bombeo automatizado utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Otra propuesta es presentada por Shuta et al (2017) manifiestan el uso de la energía fotovoltaica para desarrollo de sistemas de aireación utilizados en la bahía interior de la ciudad de Puno con la finalidad de combatir la eutrofización existente. Así mismo, existen investigaciones internacionales que complementan lo antes mencionado, es así que, Jimenez & Pedroza (2018) indica es factible el uso de energía fotovoltaica en una PTAR ubicada Boyacá (Colombia), además, exponen un conjunto de beneficios como la reducción de la contaminación ambiental, reducción de costos en relación a suministro de energía y el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, igualmente, Guevara (2023) expone la viabilidad del uso de energía fotovoltaica para una planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador, considerando que se evidenció una disminución en la emisiones de GEI.

La etapa de interpretación de ciclo de vida, además de ubicar en qué fase del ciclo vida de un proceso o producto se originan la mayor cantidad de contaminantes, permite realizar comparaciones entre dos o más procesos y así establecer que proceso manifiesta un mejor comportamiento ambiental (Peris et al, 2008), es así que Matos et al (2012) aplicaron la técnica de análisis de ciclo de vida con la finalidad de determina los impactos ambientales generados a causa

de la generación de 1 kWh por un sistema fotovoltaico aislada tipo regulador – batería para el sector rural de la selva peruana. Los principales componentes considerados son la batería, el regulador y el panel solar. Respecto a la aplicación de las fases del ACV se estableció que el sistema está diseñado para un clima tropical donde la temperatura oscila entre los 21°C a 31°C y el sistema presenta un tiempo de utilidad de 25 años, de igual modo, presentan el inventario de ciclo de vida que se encuentra conformada por las siguientes entradas:

Figura N°3.9: Inventario de ciclo de vida para sistema fotovoltaico para la zona rural de la selva peruana



Fuente: Matos et al, 2012

Se utilizó el método IPCC 2007 para determinar los impactos ambientales negativos generados en la categoría de calentamiento global. Los resultados muestran que se producen 0.051 Kg CO₂ eq por la generación 1 kWh por medio del sistema fotovoltaico. Esta investigación en el análisis de la fase del uso de la PTAR se utilizó la entrada: Electricity, low voltage {PE}| market for electricity, low voltage | Cut-off, U, en representación del consumo eléctrico por parte de la planta de Totorá. El uso de esta entrada es debido a que sus componentes se encuentran relacionados a la producción de 1kWh de electricidad que es distribuida por medio la red de transmisión de baja tensión en el Perú. Esta entrada además toma en cuenta la distribución de la energía eléctrica desde los proveedores hasta los consumidores, así mismo, el transporte de la energía eléctrica hasta el consumidor y las pérdidas suscitadas durante todo el proceso. En este sentido, se aplicó el método IPCC 2021 GWP100 a la mencionada entrada, obteniéndose que la generación y distribución de 1 kWh de la energía eléctrica convencional en el Perú emite 0.070 Kg CO₂ eq.

Cuadro N°3.14: Cantidad de emisión de CO₂ generada por la producción de energía eléctrica convencional y fotovoltaica, método IPCC

CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	TIPO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		DIFERENCIA (a-b)
	ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL (a)	ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA (b)	
Calentamiento global (Kg CO ₂ eq/kWh)	0.070	0.051	0.019

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro N°3.14, se infiere que si se utilizaría la electricidad generada por un sistema fotovoltaico en el proceso de tratamiento, se reduciría las emisiones de CO₂ a causa de la producción de 1kWh en un 27.14%, lo cual evidencia una posible solución respecto al control del calentamiento global. A nivel de la PTAR de Totorá, se determinó que por el uso de la energía eléctrica mediante el uso del método ReCiPe 2016 Midpoint (H) se generó 7244.74 Kg CO₂ eq y mediante el uso del método IPCC 2021 GWP100 se generaron 7088.56 Kg CO₂ eq, realizando la relación de estos datos se obtiene que para el método ReCiPe el porcentaje de reducción por el uso energía fotovoltaica es del 27.74%, que se representa una reducción de la emisión de dióxido de carbono a la cantidad de 5235.05 Kg CO₂ eq.

Una propuesta de solución respecto al control de los impactos ambientales negativos generados por el uso del cloro líquido a nivel de la general, [Ghannadzadeh & Tarighaleslami \(2019\)](#), proponen el uso de energía verde durante la producción del cloro con la finalidad de mejorar el desempeño ambiental. Aunque existan diversas tecnologías y compuestos químicos alternos que puedan ser utilizadas en el proceso de desinfección de aguas residuales, el uso del cloro de forma completa o parcial es ambientalmente preferible ([Salazar et al, 2022](#)). A nivel de PTAR de Totorá, una solución propuesta está relacionada a la adquisición de cloro líquido con declaración ambiental (se puede establecer como un punto a cumplir en las bases para el concurso de adquisición de insumos químicos por parte de SEDA AYACUCHO). Complementando a esta idea, una solución para reducción de la emisión de dióxido de carbono en relación al transporte de insumos y materiales, a nivel general, es el uso de vehículos que reemplacen el uso de gasolina y diésel por gas natural comprimido, ya que, [Rose et al \(2013\)](#), indican que para un vehículo pesado de carga máxima de 23300 Kg, el uso de gas natural redujo en 24% la emisión de dióxido de carbono, otras alternativas se encuentran relacionadas al uso complementado de un motor de combustión interna de gas natural y el uso de baterías eléctricas híbridas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos del estudio de análisis de ciclo de vida aplicado en el proceso tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá. Los impactos ambientales negativos fueron calculados a través del uso del programa SimaPro en su versión 9.5.0.2 Faculty.

4.1. Contrastación de hipótesis

4.1.1. Hipótesis general

Como resultado general se obtuvo que los procesos de tratamiento en la PTAR de Totorá sí influyen en los impactos ambientales negativamente para el año 2022. Respecto a este punto se debe indicar que analizaron tres fases: materias primas y transportes, construcción de la PTAR y el uso de la PTAR. Cada fase contiene diversas entradas que se encuentran relacionadas a los indicadores establecidos en la matriz de consistencia. El estudio se ejecutó mediante el uso de la metodología del ACV y el uso del Software SimaPro que mediante el uso de la base de Ecoinvent y metodología ReCiPe 2016 Midpoint (H) se cuantificaron los impactos ambientales negativos. Los resultados indican que el proceso de tratamiento generó en el año 2022 respecto a la categoría de calentamiento global un total de 245945.76 Kg CO₂ eq y en la categoría de eutrofización un total de 4.13 Kg N eq.

Cuadro N°4.1: Resultados del ACV del proceso de tratamiento

CATEGORÍA DE IMPACTO	UND	FASE 01 MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES	FASE 02 CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR	FASE 03 USO DE LA PTAR	TOTAL
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq	119798.29	95298.23	30849.24	245945.76
Eutrofización	Kg N eq	2.12	1.06	0.95	4.13

Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados se obtuvieron de la multiplicación del volumen tratado por la cantidad del impacto ambiental generada por un metro cúbico de agua tratada, es por ello que se realiza una comparación con otras investigaciones de ACV que cumplan con las condiciones de esta investigación, es así que, se consideró los estudios realizados en México (Chávez, 2018), Brasil (Macedo et al, 2018) y Perú. Para el caso de las investigaciones elaboradas en el Perú se tomó en cuenta el estudio aplicado a una PTAR (Torre, 2018) y a una PTAP (Cáceres, K., 2016), esta última se consideró debido a que cumple con las condiciones similares a esta investigación en determinar los impactos ambientales generados por el uso insumos químicos, consumos de electricidad, el transporte

de insumos químicos y la infraestructura. Las fases de ciclo de vida tomadas en cuenta fueron la fase de manufactura (materias primas y transportes), la fase de construcción y la fase de funcionamiento.

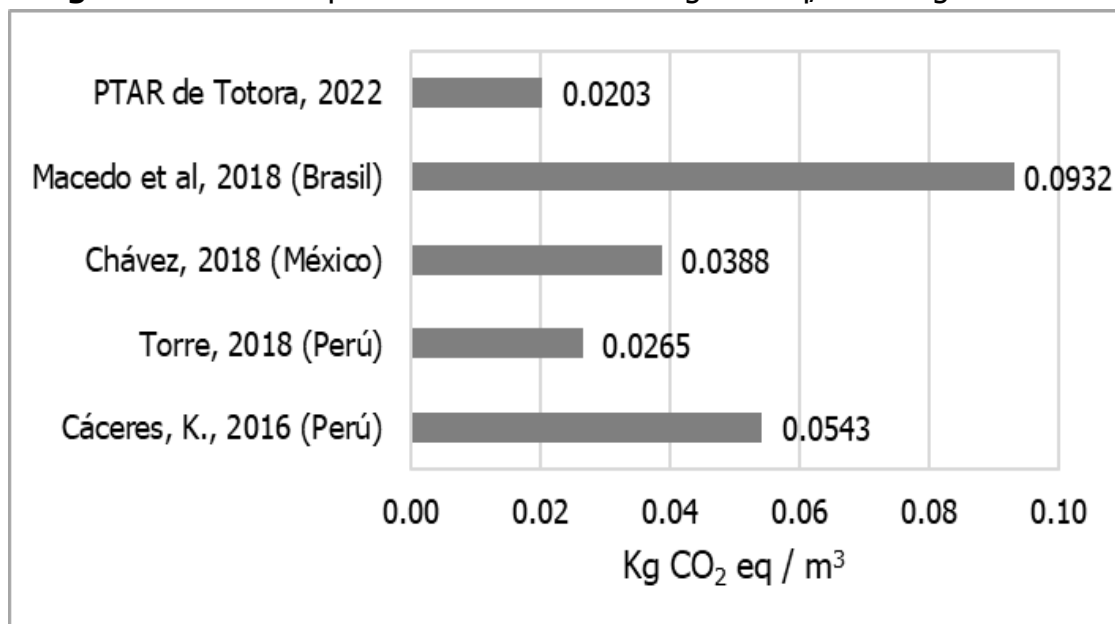
Cuadro N°4.2: Comparación con otras investigaciones que usan el ACV

Referencia	Volumen tratado (m ³)	Calentamiento global (Kg CO ₂ eq/m ³)	Eutrofización (Kg N eq/m ³)
Cáceres, K., 2016 (Perú)	7,300,000	0.0327	1.15×10 ⁻⁵
Torres, 2018 (Perú)	11,668,000	0.0256	1.66×10 ⁻³
Chávez, 2018 (México)	1,839,494.90	0.0059	-
Macedo et al, 2018 (Brasil)	16,129,033	0.1240	-
Este estudio	12,116,748.51	0.0203	3.40×10 ⁻⁷

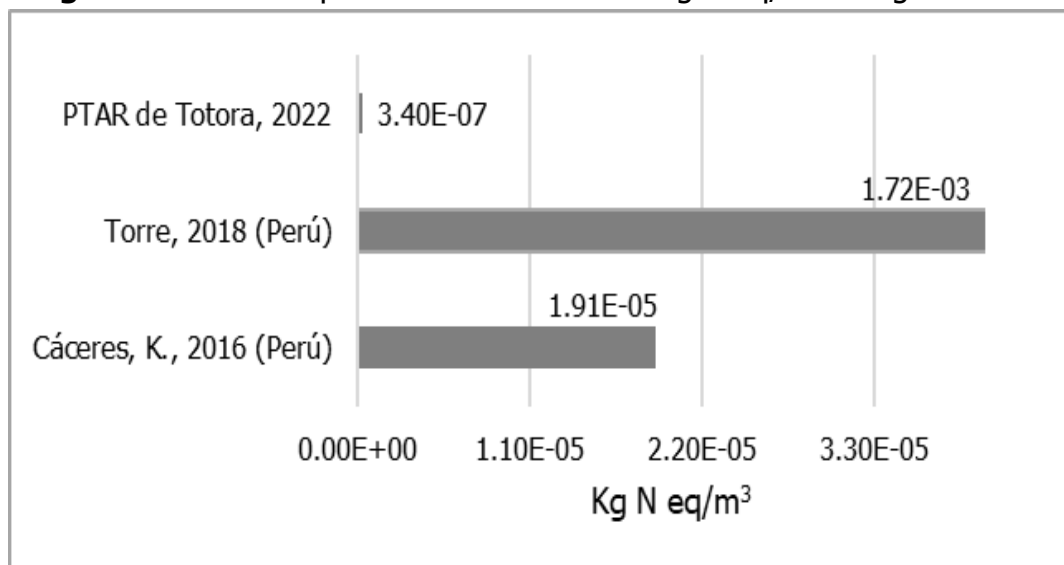
Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se uniformizó las cantidades emisiones de cada investigación en función del volumen considerado en esta investigación, con la finalidad de establecer una comparación de resultados. Es así que la figura N°4.1 muestra la comparación referente a la categoría de calentamiento global, así mismo, la figura N°4.2 muestra la comparación referente a la categoría de eutrofización.

Figura N°4.1: Comparación de emisión en Kg CO₂ eq/m³ de agua tratada



Fuente: Elaboración propia

Figura N°4.2: Comparación de emisión en Kg N eq/m³ de agua tratada

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura N°4.1, el valor determinado en esta investigación (0.0203 Kg CO₂ eq/m³), se encuentra dentro del rango en comparación a los valores relacionados a las investigaciones de Torre (2018), Chávez (2018) y Cáceres, K. (2016).

Respecto figura N°4.2 se observa el valor calculado (3.40×10^{-7} Kg N eq/m³), presenta un alejamiento en comparación a los valores relacionados a las investigaciones de Torre (2018) y Cáceres, K. (2016), esto se puede dar por diversos motivos como la diferencia respecto a las cantidades y el tipo de insumos químicos utilizados en proceso de tratamiento, las tecnologías consideradas en proceso de tratamiento, infraestructuras, etc.

4.1.2. Hipótesis específica 1

El uso de insumos químicos en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá si influyen en los impactos ambientales negativamente para el año 2022. Respecto a este punto se debe indicar que los insumos químicos utilizados en el proceso de tratamiento son el cloro líquido, el hipoclorito de calcio al 15% y el hipoclorito de calcio al 65-70%. Estos insumos químicos fueron acopladas a la fase de uso de la PTAR. Los resultados muestran que el cloro líquido generó 21939.80 Kg CO₂ eq en la categoría de calentamiento global y 0.856 Kg N eq en la categoría de eutrofización, el hipoclorito de calcio al 15% ocasionó 742.76 Kg CO₂ eq y 0.024 Kg N eq y el hipoclorito de calcio al 65-70% generó 82.39 Kg CO₂ eq y 0.003 Kg N eq. En total, el uso de insumo químicos en el proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá provocó 22764.95 Kg CO₂ eq y 0.883 Kg N eq en el año 2022.

Cuadro N°4.3: Resultados del ACV respecto a los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento

CATEGORÍA DE IMPACTO	UND	INSUMOS QUÍMICOS			TOTAL
		CLORO LÍQUIDO	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 15%	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 65-70%	
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq	21939.80	742.76	82.39	22764.95
Eutrofización	Kg N eq	0.856	0.024	0.003	0.883

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Hipótesis específica 2

El consumo de energía eléctrica en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá sí influyen en los impactos ambientales negativamente para el año 2022. Se consideró el consumo de energía eléctrica por parte de la PTAR de Totorá, desde el mes de enero al mes de diciembre del año 2022, es por ello que esta variable fue incluida en la fase de uso de la PTAR. Los resultados respecto a los impactos ambientales negativos generados por el consumo de energía eléctrica en el año 2022, indican que para la categoría de calentamiento global se generaron 7244.74 Kg CO₂ eq y para la categoría de eutrofización se generó 0.04 Kg N eq.

Cuadro N°4.4: Resultados del ACV respecto al consumo de energía eléctrica en el proceso de tratamiento

CATEGORÍA DE IMPACTO	UND	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq	7244.74
Eutrofización	Kg N eq	0.04

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Hipótesis específica 3

El transporte de los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá sí influyen en los impactos ambientales negativamente para el año 2022. Se consideró el transporte del cloro líquido, el hipoclorito de calcio al 15% y el hipoclorito de calcio al 65-70% desde los almacenes de los proveedores hasta la PTAR, y al igual que los insumos químicos este indicador fue asignado a la fase de uso de la PTAR. Respecto a los resultados se tiene que el transporte del cloro líquido generó 694.80 Kg CO₂ eq en la categoría de calentamiento global y 0.0166 Kg N eq en la categoría de eutrofización, el transporte del hipoclorito

de calcio al 15% ocasionó 127.99 Kg CO₂ eq y 0.0031 Kg N eq y el transporte del hipoclorito de calcio al 65-70% generó 18.28 Kg CO₂ eq y 0.0004 Kg N eq. Finalmente se determinó que en total el transporte de los insumos químicos utilizados en el proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Totorá generó 841.07 Kg CO₂ eq y 0.0201 Kg N eq en el año 2022.

Cuadro N°4.5: Resultados del ACV respecto al transporte de los insumos químicos usados en el proceso de tratamiento

		TRANSPORTE DE INSUMOS QUÍMICOS			
CATEGORÍA DE IMPACTO	UND	TRANSPORTE DEL CLORO LÍQUIDO	TRANSPORTE DEL HIPOCLORITO DE CALCIO AL 15%	TRANSPORTE DEL HIPOCLORITO DE CALCIO AL 65-70%	TOTAL
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq	694.80	127.99	18.28	841.07
Eutrofización	Kg N eq	0.0166	0.0031	0.0004	0.0201

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Hipótesis específica 4

La infraestructura usada en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá si influyen en los impactos ambientales negativamente para el año 2022. Se tomó en cuenta como materiales el concreto y el acero de refuerzo. Estos materiales fueron utilizados en durante la construcción de las ampliaciones de la PTAR ejecutadas entre los años 2000 a 2004. El acero fue considerado en la fase materias primas y transportes y el concreto en la fase de construcción de la PTAR. Los resultados indican que el uso del concreto generó respecto al calentamiento global 42588.40 Kg CO₂ eq y respecto a la eutrofización 1.31 Kg N eq, así mismo el acero generó en cuanto al calentamiento global 95296.04 Kg CO₂ eq y respecto a la eutrofización 1.06 Kg N eq. Por último, el uso de la infraestructura generó en total 137884.44 Kg CO₂ eq y 2.37 Kg N eq para el año 2022.

Cuadro N°4.6: Resultados del ACV respecto a la infraestructura usada en el proceso de tratamiento

		INFRAESTRUCTURA		
CATEGORÍA DE IMPACTO	UND	CONCRETO	ACERO	TOTAL
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq	42588.40	95296.04	137884.44
Eutrofización	Kg N eq	1.31	1.06	2.37

Fuente: Elaboración propia

4.2. Análisis e interpretación

Como se explica en el capítulo III, se realizó el estudio de análisis de ciclo del proceso de tratamiento de aguas residuales, es así que, se aplicaron las 4 etapas del ACV, primero se estableció los objetivos y alcance del estudio, en esta etapa se dividió el proceso de tratamiento en tres fase y se asignó los indicadores de la tesis en cada fase según correspondiese, además se realizó el cumplimiento de los lineamientos establecidos en la NTP ISO 14044:2019, posterior a esto, estableció el inventario de ciclo de vida donde determinaron las cantidades de cada entrada considerada donde la unidades se encontraban en función a el tratamiento de 1 m³ de agua residual para el año 2022, seguido a esto, se estableció la evaluación de impacto de ciclo de vida donde se asignaron como las categorías de estudio el calentamiento global y la eutrofización y se utilizó el método ReCiPe 2016 Midpoint (H) para determinar los impactos ambientales generados según a la categorías mencionadas. Finalmente se realizó la interpretación de resultados donde expuso que fases y entradas fueron las más influyentes en la generación de impactos ambientales, igualmente, se presentaron propuestas de posibles soluciones respecto a los puntos críticos con la finalidad de disminuir la emisión de contaminantes, además esta fase permite hacer comparaciones de procesos o productos con la finalidad de examinar e indicar cual es mejor en cuanto a su desempeño ambiental. Se infiere que el proceso de tratamiento de aguas residuales genera impactos ambientales respecto a las categorías de calentamiento global y eutrofización, presentando mayor incidencia en el calentamiento global. Además de la investigación se interpreta que es posible determinar los impactos ambientales negativos ocasionados por la ejecución de procesos o la fabricación de productos mediante el uso del método de ACV y el uso de programas relacionados con el ACV, es por ello, que se le debe dar mucha más importancia a la realización de estudios de ACV y aplicarla en diversos rubros, puesto que, ayudaría a identificar más focos de emisiones ambientales, y así, establecer medidas adecuadas que ayuden a la conservación del medio ambiente.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos establecidos en el capítulo I y las variables consideradas en la matriz de consistencia contenida en el capítulo III, la investigación llevada a cabo y la exposición del análisis de resultados se concluye:

1. Se consiguió evidenciar mediante el uso de la técnica de análisis de ciclo de vida y el uso del SimaPro, que, los procesos de tratamiento en la PTAR de Totorá influyen en los impactos ambientales negativamente para el año 2022, llegándose a determinar que se generaron en total 245945.76 Kg CO₂ eq respecto a el calentamiento global y 4.13 Kg N eq respecto a la eutrofización.
2. Se demostró que el uso de insumos químicos en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en los impactos ambientales negativamente para el año 2022, llegándose a determinar que el uso de insumos químicos generó 22764.95 Kg CO₂ eq respecto a el calentamiento global y 0.883 Kg N eq respecto a la eutrofización.
3. Se determinó que el consumo de energía eléctrica en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en los impactos ambientales negativamente para el año 2022, llegándose a determinar que el consumo de energía eléctrica generó 7244.74 Kg CO₂ eq respecto a el calentamiento global y 0.04 Kg N eq respecto a la eutrofización.
4. Se demostró que el transporte de los insumos químicos utilizados en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en los impactos ambientales negativamente para el año 2022, llegándose a determinar que el transporte de los insumos químicos generó 841.07 Kg CO₂ eq respecto a el calentamiento global y 0.0201 Kg N eq respecto a la eutrofización.
5. Se reveló que la infraestructura usada en el proceso de tratamiento en la PTAR de Totorá influye en los impactos ambientales negativamente para el año 2022, llegándose a determinar que se generaron 137884.44 Kg CO₂ eq respecto a el calentamiento global y 2.37 Kg N eq respecto a la eutrofización.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda a la entidad a cargo del PTAR de Totorá, la implementación de las medidas propuestas y mitigar las emisiones de CO₂, esto ya que se evidenció que las emisiones más representativas se encuentran relacionada a categoría de calentamiento global. Así mismo establecer medidas respecto a la eutrofización que, aunque en esta investigación se

determinaron cantidades casi insignificantes no se debe de ignorar debido a los efectos que puede generar en medio acuático donde se vierten las aguas tratadas provenientes de la PTAR de Totorá.

2. Se recomienda el uso de dos o más métodos de cálculo de impactos ambientales durante la utilización de la metodología de ACV y el software SimaPro, ya que esto ayudaría a establecer comparaciones y así tener un panorama más claro respecto a las cantidades de emisiones generadas.
3. Se recomienda el uso de la técnica de ACV en las investigaciones relacionadas con la ingeniería civil y el sector de la construcción, debido a que es una muy buena herramienta para la identificación y estimación de cargas ambientales.
4. Se recomienda el uso y cumplimiento de lo dispuesto en la NTP ISO 14040:2017 (Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia) y la NTP ISO 14044:2019 (Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices), durante la elaboración de un estudio de ACV.
5. Se recomienda a las instituciones de educación superior públicas y privadas la adquisición de licencia de uso del software SimaPro, puesto que esto ayudaría en gran medida en el surgimiento de nuevas investigaciones respecto al uso de la metodología del análisis de ciclo aplicado a diferentes rubros.

5.3. Trabajos futuros

1. Debido a que, en el Perú existen pocos estudios de ACV implementados a el tratamiento de agua residuales, se plantea la realización de estudios de ACV en las plantas de tratamiento de aguas residuales de las principales ciudades del departamento de Ayacucho.
2. La implementación de ACV en la PTAP de Quicapata, que es la planta encargada de proporcionar agua potable a la ciudad de Ayacucho. Se propone este trabajo, ya que se visualiza una similitud entre el proceso de potabilización de agua con el proceso de tratamiento de aguas residuales, debido que en ambos casos existe el consumo de insumos químicos, lo cual implica que se realice el transporte de estos insumos químicos, y además del consumo de electricidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, T. (2018). Tecnología del concreto. Grupo San Marcos E.I.R.L. *Lima, Perú*.
- Abba, A. (2019). Inventory of environmental impacts of municipal solid waste in yola dumpsites using life cycle analysis. *Nigerian Journal of Engineering, Science and Technological Research*, 5 (1), 64–75.
- Aceros Arequipa, (2023). Memorial Anual Integrada 2022. Corporación Aceros Arequipa.
- Ahumada, R. (2017). Diseño del sistema de bombeo automatizado con energía fotovoltaica para la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila.
- Al-Dosary, S., Galal, M., & Abdel-Halim, H. (2015). Environmental impact assessment of waste water treatment plants-(zenien and 6th of october wwtp). *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 4.
- Alvarez-Gaitan, J. P., Peters, G. M., Rowley, H. V., Moore, S., & Short, M. D. (2013). A hybrid life cycle assessment of water treatment chemicals: an Australian experience. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1291-1301.
- ANA. (2017). Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua.
- Ayala, M. (2016). Impacto social ecológico de la planta de tratamiento de aguas servidas en la comunidad de totora 2013- 2015. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Balmaceda, H. (2021). Análisis de ciclo de vida comparativo entre el uso de concreto convencional y alternativas de concreto reciclado. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Bartl, K. (2014). El análisis de ciclo de vida en el sector construcción. *Civilizate* (4), 46–48.
- Belmonte, C. (2018). Análisis del ciclo de vida de un humedal construido para el tratamiento y reutilización de aguas residuales domésticas en la zona rural de Jaén, Perú. *Universidad Politécnica de Cataluña*.
- Boldo, E., et al. (2016). *La contaminación del aire*. Instituto de Salud Carlos III.
- Borja, M. (2016). Metodología de investigación científica para ingenieros.
- Caballero, A. (2014). Metodología integral innovadora para planes y tesis: La metodología del como formularlos. Cengage Learning.
- Cáceres, A. (2016). Análisis de ciclo de vida comparativo de edificaciones multifamiliares en Lima. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.

- Cáceres, K. (2016). Beneficios ambientales del control de pérdidas en un sistema convencional de tratamiento de agua potable. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Cadavid, G. (2014). Análisis de ciclo de vida (ACV) del proceso siderúrgico (Doctoral dissertation).
- Calle, V. (2019). Análisis del ciclo de vida de un edificio de oficinas en Lima (Perú). *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Campos, E. & Saenz, J. (2020). Hormigón estructural con agregados reciclados para la construcción de viviendas. *Universidad Ricardo Palma*.
- Cano, A., García, L., & López, S. (2019). Subproductos de la desinfección de aguas residuales con hipoclorito: cloratos y trihalometanos. *Tecnoaqua*, (35), 54-63.
- Chauca, M. (2015). Análisis de ciclo de vida de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Lima. *Revista Civilízate, Volumen N°6*, 47-48.
- Chávez, A. (2018). Determinación de impactos ambientales a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales II de Xalapa Veracruz a través del análisis de ciclo de vida. *Universidad Veracruzana*.
- Chavez, K. (2022). Impacto ambiental asociado al proceso productivo de una columna mensular prefabricada de concreto armado. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Conci, E., Civit, B. M., Becker, A. R., & Arena, A. P. (2020). La Eutrofización acuática y terrestre como categorías de impacto regional. *AJEA*, (5).
- Cordero, D. G. (2009). *Desarrollo y aplicación de las categorías de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodología de análisis de ciclo de vida*. Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Corzo, S. (2016). Análisis de ciclo de vida de una vivienda unifamiliar en Huancayo. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Cusiche, L. (2017). Ecodiseño para mitigar la contaminación por aguas residuales al lago de Junín. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
- De Rooij, M., Van Tittelboom, K., De Belie, N., & Schlangen, E. (2013). Self-healing phenomena in cement-based materials: state-of-the-art report of rilem technical committee 221-shc: self-healing phenomena in cement-based materials (Vol. 11). Springer.
- Deville, A., & Gallo, G. P. (2017). Contribución de lean construction para alcanzar la construcción sostenible.
- Dvořák, J., & Dawson, M. (2011). Crisis management terminological synonyms.
- Ecoinvent. (2019). About Ecoinvent. Ecoinvent Centre. Página Web: <https://www.ecoinvent.org/about/about.html>

- Elías, J., Flores, J., Barrera, R., & Reyna, C. (2020). Efecto de la Utilización de Agregados de Concreto Reciclado sobre el Ambiente y la Construcción de Viviendas en la Ciudad de Huamachuco. *Puriq*, 2(1).
- Eriksson, E., Blinge, M., & Lövgren, G. (1996). Life cycle assessment of the road transport sector. *Science of the Total Environment*, 189, 69-76.
- Fantke, P., & Ernststoff, A. (2017). LCA of chemicals and chemical products. In *Life cycle assessment: theory and practice* (pp. 783-815). Cham: Springer International Publishing.
- Fernández-Ávila, M. (2017). Cálculo de la huella de carbono de la actividad del grupo de investigación "Tecnologías Ambientales y Recursos Industriales" (TAR Industrial).
- Figuroa, C. & Collazos, A. (2019). Determinación de impactos ambientales en planta de tratamiento de aguas residuales mediante análisis de ciclo de vida ambiental-ACV. *Revista Científica Agua, Saneamiento & Ambiente*, 14 (1).
- Gallego, A., Hospido, A., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2008). Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 (6), 931-940.
- García, F., & Miranda, V. (2018). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico.
- García, P. (2021). *Energía solar fotovoltaica para todos*. (1ra edición). España: Editorial Marcombo.
- García, S. (2014). Evaluación ambiental durante el ciclo de vida de una vivienda unifamiliar. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Ghannadzadeh, A., & Tarighaleslami, A. (2019). Exergetic environmental sustainability assessment supported by Monte Carlo simulations: A case study of a chlorine production process. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38 (5), 13179.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & Van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the Midpoint and the Endpoint level, 1, 1-126.
- Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., & Meijer, E. (2016). Introduction to LCA with SimaPro. PRé Consultants. *The Netherlands*.
- Guevara, L. (2023). Estudio de viabilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en la planta de tratamiento de aguas residuales, Parroquia Tarapoa. (*Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum*).
- INACAL. (2017). NTP-ISO 14040:2017 – Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

- INACAL. (2019). NTP-ISO 14044:2019 – Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- INEI. (2022). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022. *Lima: INEI*.
- Jimenez, A., & Pedroza, M. (2018). Determinación de la factibilidad para la implementación de energía fotovoltaica en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio de Chiquinquirá, Boyacá. *Universidad El Bosque. Colombia*.
- Jiménez, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos. *Mundi-Prensa Libros*.
- Jonsson, A., Bjorklund, T., & Tillman, A. M. (1998). LCA of concrete and steel building frames. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 3, 216-224.
- Kerkhof, A., & Goedkoop, M. (2010). The application of input-output analysis and hybrid analysis in SimaPro LCA software. *The Sustainability Practitioner's Guide to Input-Output Analysis*, 145-151.
- Leiva, E. H. (2016). Análisis de ciclo de vida. *Escuela de Organización Industrial*, 1-43.
- León, P. (2021). Influencia del calentamiento global en los ecosistemas terrestres del Perú. *Universidad Nacional de Cajamarca*.
- Liao, X., Tian, Y., Gan, Y., & Ji, J. (2020). Quantifying urban wastewater treatment sector's greenhouse gas emissions using a hybrid life cycle analysis method—an application on shenzhen city in China. *Science of The Total Environment*, 745, 141176.
- Loayza, K. (2023). Estudio comparativo del uso del hormigón de cal mediante el análisis del ciclo de vida (ACV). (*Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya*).
- Lopes, D., Oliveira, A., da Silva, A., Moro, C., & Oliveira, T. (2017). How important is the LCA software tool you choose Comparative results from GaBi, openLCA, SimaPro and Umberto. In *Proceedings of the VII Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida en Latinoamérica*, Medellín, Colombia (pp. 10-15).
- Macedo, I., Marques, S., Caitano, L., Silva, J., & Andrade, J. (2018). AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. In *Anais do VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida* (p. 121).
- Matos, K., Trinidad, I., & Roldán, S. (2012). Análisis de ciclo de vida de las energías renovables en el sector rural peruano. In *III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços*.
- MIMEN. (2020). Reporte anual de gases de efecto invernadero del sector energía, 2016 Categorías: Combustión estacionaria y emisiones fugitivas. *Lima, Perú*.

- MINAM. (2009). Manual de Municipios Ecoeficientes Parte 2: Tratamiento y reúso de aguas residuales. Editorial ENOTRIA S.A. *Lima, Perú.*
- MINAM. (2020). Reporte de Actualización de las NDC del Perú al 2030.
- Moisés, B. (2018). *Diseño del proyecto de investigación científica.* Editorial San Marcos.
- Montoya, M. (2021). Análisis de ciclo de vida de la potabilizadora de la atarjea, ubicada en la ciudad de Lima. *Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- Muñoz, C., Zaror, C., Saelzer, G., & Cuchí, A. (2012). Estudio del flujo energético en el ciclo de vida de una vivienda y su implicancia en las emisiones de gases de efecto invernadero, durante la fase de construcción Caso Estudio: Vivienda Tipología Social. Región del Biobío, Chile. *Revista de la construcción*, 11(3), 125-145.
- OEFA, O. d. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Lima, Perú: sn.*
- Olagunju, B., & Olanrewaju, O. (2020). Comparison of life cycle assessment tools in cement production. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(4), 70-83.
- OSINERGMIN. (2017). Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético - plantas de saneamiento de agua.
- OSINERGMIN. (2023). Compendio de proyectos de generación y transmisión eléctrica en construcción.
- Pareja, M. (2020). Energía solar fotovoltaica. (3ra edición). Barcelona, España: Editorial Marcombo.
- Parra-Saldivar, R., Bilal, M., & Iqbal, H. M. (2020). Life cycle assessment in wastewater treatment technology. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 80–84.
- Peris, P., Díaz, M., Segovia, S., & Hernangómez, C. (2008). El Ciclo de Vida del Cemento. Un puente a la sostenibilidad en la construcción. *Cemento Hormigón*, (915), 66-75.
- Pinzón, J. (2018). Análisis del ciclo de vida de la elaboración del queso tipo cuajada en una finca ganadera del municipio de Puerto López, meta como herramienta de gestión ambiental en la empresa. *Universidad El Bosque.*
- Polo, R. (2016). Materiales de construcción. Grupo Editorial Megabyte.
- Pouliot, G., Wisner, E., Mobley, D., & Hunt Jr, W. (2012). Quantification of emission factor uncertainty. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(3), 287-298.
- PRé Sustainability. (2016). ReCiPe. Página Web: <https://pre-sustainability.com/articles/recipe/>

- PRé Sustainability. (2023). SimaPro Tutorial. Página Web: <https://simapro.com/wp-content/uploads/2023/07/SimaPro-Tutorial.pdf>
- Rebolledo, E., Soto, A., Rojas, Y., Chavez, J., & Pacheco, M. (2022). Estructura de capital, rentabilidad y la creación de valor en empresas de generación de energía eléctrica en el Perú.
- Riffo, J. (2017). Análisis de ciclo de vida para una planta de tratamiento de aguas residuales: Potencial de calentamiento global generado por PTAR Talagante. *Universidad de Chile*.
- Rojas, S., & Patiño, H. (2022). Análisis de la industria siderúrgica en el Perú enfocado en la barra de construcción. *Universidad de Piura*.
- Romero, A. (2009). Evolución de los productos químicos y de los procedimientos de fabricación. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 103(2), 375-388.
- Romero, B. (2003). El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental. *Boletín IiE*, 91-97.
- Rose, L., Hussain, M., Ahmed, S., Malek, K., Costanzo, R., & Kjeang, E. (2013). A comparative life cycle assessment of diesel and compressed natural gas powered refuse collection vehicles in a Canadian city. *Energy Policy*, 52, 453-461.
- Rubira, F. G. (2016). Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espacos libres e degradação ambiental/impacto ambiental. *Caderno de Geografia*, 26 (45), 134–150.
- Salazar, C., Kurbatova, A., Kupriyanova, M., Mikhaylichenko, K., Savenkova, E., & Basamykina, A. (2022). Environmental Assessment of Water Treatment Plants of the Republic of Ecuador and Comparative Analysis of Water Disinfection Technologies using the LCA Method. *Advances in Systems Science and Applications*, 22 (2), 85-97.
- Sanguinetti, C. M., & Ortiz, F. Q. (2014). Análisis de ciclo de vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora región del Bío Bío, Chile. *Hábitat Sustentable*, 16–25.
- Santos, A., Barbosa-Póvoa, A., & Carvalho, A. (2019). Life cycle assessment in chemical industry—a review. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 26, 139-147.
- Schweitzer, L., & Noblet, J. (2018). Water contamination and pollution. In *Green chemistry* (pp. 261–290). Elsevier.
- SEDA AYACUCHO. (2021). *Memoria anual 2021* (Tech. Rep.). SEDA AYACUCHO.
- SEDA AYACUCHO. (2022). Plan Maestro Optimizado – Tercer quinquenio. Descargado de: <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/07/PMO-SEDA-AYACUCHO-S.A.-TERCER-QUINQUENIO.pdf>

- SEDA AYACUCHO. (2017). *Memoria anual 2017* (Tech. Rep.). SEDA AY-ACUCHO. Descargado de: <https://www.sedaayacucho.pe/archivos/79-45-memoria-anual-2017-proyecto.pdf>
- SEDA AYACUCHO. (2018). *Memoria anual 2018* (Tech. Rep.). SEDA AYACUCHO. Descargado de: <https://www.sedaayacucho.pe/archivos/79-45-memoria-anual-2018.pdf>
- SEDA AYACUCHO. (2019). *Memoria anual 2019* (Tech. Rep.). SEDA AY-ACUCHO. Descargado de: <https://www.sedaayacucho.pe/archivos/79-244-memoria-anual-2019.pdf>
- SENCICO. (2006). Norma de obras de saneamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. (OS.090). Descargado de: <http://page.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=168>
- Shao, S., Mu, H., Keller, A. A., Yang, Y., Hou, H., Yang, F., & Zhang, Y. (2021). Environmental tradeoffs in municipal wastewater treatment plant upgrade: a life cycle perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–11.
- Shuta, H., Ávila, L., Flores, R., Meza, G., & Ortega, O. (2017). Optimización del sistema de aireación con paneles solares fotovoltaicos para el tratamiento de aguas residuales en la Bahía Interior de Puno. *Revista de Investigaciones (Puno)-Escuela de Posgrado de la UNA PUNO*, 6(1), 92-102.
- SIDERPERU. (2023). Memoria Anual 2022. *Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A.*
- Silva, C., & Rosa, M. J. (2015). Energy performance indicators of wastewater treatment: a field study with 17 portuguese plants. *Water Science and Technology*, 72 (4), 510–519.
- Solgorré, M. C. (2015). Análisis de ciclo de vida de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en lima. *Civilizate* (6), 47–48.
- Soncco, R. H., & Alvarez, D. J. (2020). Estado del arte sobre los índices que determinan el nivel de eutrofización en lagunas altoandinas. *Universidad Peruana Unión*.
- Spellman, F. R. (2017). *The science of environmental pollution*. Crc Press.
- SUNASS. (2016). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Editorial Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- Thacker, S., Adshead, D., Fay, M., Hallegatte, S., Harvey, M., Meller, H., Hall, J. W. (2019). Infrastructure for sustainable development. *Nature Sustainability*, 2(4), 324–331.
- Torre, A. (2018). Diseño y análisis ambiental de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Huaraz. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.

- Vázquez-Rowe, I., Ziegler-Rodríguez, K., Laso, J., Quispe, I., Aldaco, R., & Kahhat, R. (2019). Production of cement in Peru: Understanding carbon-related environmental impacts and their policy implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 142, 283-292.
- Vetroni, M., Salvador, R., Moro, C., de Francisco, C., & Seixas, F. (2020). Life cycle assessment of electricity generation: a review of the characteristics of existing literature. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 36-54.

ANEXOS

Anexo A: Recibos del Consumo de Electricidad-PTAR de Totora

Recibo N° S751-14320863

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/02/2022 al 28/02/2022



Electrocentro

Febrero-2022

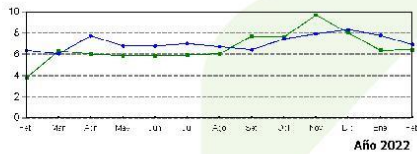
CÓDIGO 65364072

Ciente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.0098	60.0000
Calificación	Horas Punta
	120

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (kWh)	1,040.7900	1,110.8300	70.0400	2,153.7300
Energía Activa Hora Punta (kWh)	277.6100	294.6900	17.0800	525.2100
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	763.1800	816.1400	52.9600	1,628.5200
Energía Reactiva (kVArh)	433.0300	465.9900	32.9600	1,013.5200
Potencia Hora Punta (kW)	0.2080	0.2100	0.2100	6.4575
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2530	0.2250	0.2250	6.9188

Factor Calificación : 0.6326 Fac.Medic. 30.0000 Fac.Transf. 1.0250



Importe 2 Últimos Meses Facturados
Dic - 2021 S/ 2054.70 Ene - 2022 S/ 1943.60

	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
EAFPKWh	1444	1492	1454	1509	1469	1532	1518	1542	1577	2072	2157	1907	1628
EAFHPkWh	584	669	590	605	589	600	595	601	594	606	614	565	525
PIPKW	6.2860	6.6578	7.7800	6.7958	6.7958	7.0110	6.7043	6.4575	7.4455	7.5305	8.3032	7.7798	6.9188
PFPKW	3.8130	6.3345	6.0270	5.8733	5.8733	5.9308	6.0678	7.7180	7.6290	9.6863	8.0258	6.3900	6.4575

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		13.7304	13.73
Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			20.56
Energía Activa HP	525.2100	0.3138	164.81
Energía Activa FP	1628.5200	0.2656	432.53
Energía Reactiva	367.4010	0.0504	18.52
Pot.Usa Redes Distrib. HP	9.0098	30.9000	278.40
Pot. Activa Generación HP	6.9188	63.4400	438.93
Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.7810)			109.34
Interés Compensatorio	1.0000	1.9823	1.98
SUB TOTAL			1478.80
Imp. Gral. a las Ventas			266.18
Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02
Redondeo			-0.0100
Aporte Ley Nro. 28749	2153.7300	0.0092	19.81
TOTAL RECIBO DE FEBRERO-2022			1764.80
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 62.03			

Emisión	02/03/2022	Vencimiento	18/03/2022	TOTAL	S/*****1,764.80
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MIL SETECIENTOS SESENTA Y CUATRO Y 80/100 SOLES

(*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Febrero-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagoselcto@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Consultas/ConsultaMiRecibo/>

Facturación: **Febrero-2022**

SEDA AYACUCHO S.A.
R.U.C. 20129645099
Suministro 65364072
Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
Ruta 1489-40441-20
Emisión 02/03/2022
Vencimiento 18/03/2022

Recibo N° 51--14320863

Ayacucho/Huamanga

TOTAL A PAGAR S/ ***1,764.80**



Recibo N° S751-14414244

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/03/2022 al 31/03/2022



Electrocentro



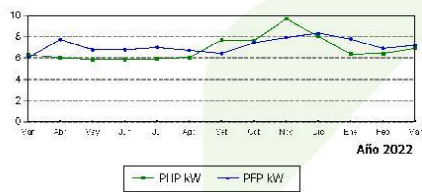
Marzo-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.0098	60.0000
Calificación	Horas Punta
	HorasPunta 135

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	1,110.8300	1,185.1310	74.3010	2,284.7558	Cargo Fijo		13.7400	13.74
Energía Activa Hora Punta (kWh)	294.6900	314.7800	20.0900	617.7675	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			20.51
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	816.1400	870.3510	54.2110	1,666.9883	Energía Activa HP	617.7675	0.3144	194.23
Energía Reactiva (kVArh)	465.9900	497.7300	31.7400	976.0050	Energía Activa FP	1666.9883	0.2663	443.92
Potencia Hora Punta (kW)	0.2100	0.2250	0.0250	6.9188	Energía Reactiva	290.5783	0.0501	14.56
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2250	0.2350	0.0250	7.2263	Pot. Uso Redes Distrib. HP	9.0098	30.9100	278.49
					Pot. Activa Generación HP	7.2263	63.3600	457.86
Factor Calificación : 0.6333	Fac.Medic. 30.0000	Fac.Transf. 1.0250			Alumbrado Público (Alcuota : S/ 0.8625)			120.75
					Interés Compensatorio	1.0000	0.9255	0.93
					SUB TOTAL			1544.99
					Imp. Gral. a las Ventas			278.10
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0100	0.01
					Redondeo		-0.0200	-0.02
					Aporte Ley Nro. 28749	2284.7558	0.0092	21.02
					TOTAL RECIBO DE MARZO-2022			1844.10
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 65.42			



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ene - 2022 S/ 1943.60	Feb - 2022 S/ 1764.80

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS													
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
EAFPPWH	182	184	159	180	832	15 8	152	877	302	2 67	187	169	167
EAFPPWH	65	54	60	59	600	56	61	34	44	6 4	65	55	4 8
PIP KW	6.878	7.100	6.764	6.754	7.010	6.743	6.475	7.485	7.936	8.333	7.718	6.918	7.263
PHP KW	6.346	6.027	5.873	5.873	5.978	6.079	7.193	7.820	8.692	8.250	6.260	6.426	6.9 8

Emisión	02/04/2022	Vencimiento	18/04/2022	TOTAL	S/*****1,844.10
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MILOCHOCIENTOS CUARENTA Y CUATRO Y 10/100 SOLES
 (*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Marzo-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagoselcto@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/ConsultaMiRecibo/>

Facturación: Marzo-2022

SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/04/2022
 Vencimiento 18/04/2022

Recibo N° 51--14414244
 Ayacucho/Huamanga
TOTAL A PAGAR S/ ***1,844.10**



Recibo N° S751-14507848

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/04/2022 al 30/04/2022



Electrocentro

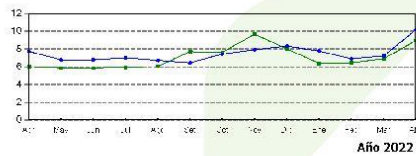
Abril-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.9323	60.0000
Calificación	Fuera de Punta
Horas Punta	120

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	1,185.1310	1,265.4270	80.2960	2,469.1020	Cargo Fijo		14.0190	14.02
Energía Activa Hora Punta (kWh)	314.7800	332.7950	18.0150	553.9613	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			20.49
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	870.3510	932.6320	62.2810	1,915.1408	Energía Activa HP	553.9613	0.3144	174.17
Energía Reactiva (kVarh)	497.7300	530.4880	32.7580	1,007.3085	Energía Activa FP	1915.1408	0.2663	510.00
Potencia Hora Punta (kW)	0.2250	0.2910	0.2910	8.9483	Energía Reactiva	266.5779	0.0485	12.93
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2350	0.3310	0.3310	10.1783	Pot. Uso Redes Distrib.FP	9.9323	30.4100	302.04
					Pot. Activa Generación FP	10.1783	40.3600	410.80
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.8168)			114.35
					SUB TOTAL			1558.80
					Imp. Gral. a las Ventas			280.58
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02
					Redondeo		-0.0200	-0.02
					Aporte Ley Nro. 28749	2469.1021	0.0092	22.72
Factor Calificación : 0.4535	Fac.Medic. 30.0000	Fac.Transf. 1.0250			TOTAL RECIBO DE ABRIL-2022			1862.10



Importe 2 Últimos Meses Facturados	Feb - 2022 S/ 1764.80	Mar - 2022 S/ 1844.10
------------------------------------	-----------------------	-----------------------

	Apr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
EAFPHW	184	558	1460	1522	818	1542	1071	2072	2157	1907	1629	1667	1915
EAFPHW	56	69	58	60	55	61	84	84	61	56	55	61	54
PIPH KW	7.380	6.758	6.768	7.810	6.740	6.457	7.415	7.535	8.333	7.778	6.918	7.252	8.183
PFP KW	6.870	5.870	5.872	5.928	6.978	7.182	7.620	8.980	8.028	6.380	6.875	6.918	8.182

Emisión	02/05/2022	Vencimiento	18/05/2022	TOTAL	S/*****1,862.10
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MI OCHOCIENTOS SESENTA Y DOS Y 10/100 SOLES
 (*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Abril-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un correo a: pagoslecto@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en: <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/ConsultaMiRecibo/>

Facturación: **Abril-2022**
 SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/05/2022
 Vencimiento 18/05/2022

Recibo N° 51--14507848
 Ayacucho/Huamanga
TOTAL A PAGAR S/ ***1,862.10**



Recibo Nº S751-14601492

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/05/2022 al 31/05/2022



Electrocentro

Mayo-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	Nº Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada		
9.8708	60.0000		
Calificación	Fuera de Punta	Horas Punta	130

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total																																																																						
Energía Activa Total (kWh)	1,265.4270	1,348.9560	83.5290	2,568.5168	Cargo Fijo		14.2126	14.21																																																																						
Energía Activa Hora Punta (kWh)	332.7950	351.2350	18.4400	567.0300	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			20.90																																																																						
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	932.6320	997.7210	65.0890	2,001.4868	Energía Activa HP	567.0300	0.3325	188.54																																																																						
Energía Reactiva (kVarh)	530.4880	560.1870	29.6990	913.2443	Energía Activa FP	2001.4868	0.2835	567.42																																																																						
Potencia Hora Punta (kW)	0.2910	0.1930	0.1930	5.9348	Energía Reactiva	142.6893	0.0498	7.11																																																																						
Potencia Fuera Punta (kW)	0.3310	0.3110	0.3110	9.5633	Pot. Uso Redes Distrib.FP	9.8708	30.7100	303.13																																																																						
Factor Calificación : 0.4561 Fac.Medic. 30.0000 Fac.Transf. 1.0250					Pot. Activa Generación FP	9.5633	38.0200	363.60																																																																						
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.8485)			118.79																																																																						
					SUB TOTAL			1583.70																																																																						
<p>Importe 2 Últimos Meses Facturados Mar - 2022 S/ 1844.10 Abr - 2022 S/ 1862.10</p>					Imp. Gral. a las Ventas			285.07																																																																						
<p>HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>May</th> <th>Jun</th> <th>Jul</th> <th>Ago</th> <th>Sep</th> <th>Oct</th> <th>Nov</th> <th>Dic</th> <th>Ene</th> <th>Feb</th> <th>Mar</th> <th>Abr</th> <th>May</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EAFIP kWh</td> <td>108</td> <td>160</td> <td>152</td> <td>151</td> <td>162</td> <td>157</td> <td>202</td> <td>217</td> <td>207</td> <td>129</td> <td>167</td> <td>195</td> <td>201</td> </tr> <tr> <td>EAFHP kWh</td> <td>89</td> <td>59</td> <td>60</td> <td>95</td> <td>61</td> <td>54</td> <td>66</td> <td>61</td> <td>55</td> <td>53</td> <td>61</td> <td>54</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>PFP kW</td> <td>6.7658</td> <td>6.7958</td> <td>7.0110</td> <td>6.7343</td> <td>6.4575</td> <td>7.8415</td> <td>7.9235</td> <td>8.3232</td> <td>7.7798</td> <td>6.9188</td> <td>7.2263</td> <td>10.1783</td> <td>9.5433</td> </tr> <tr> <td>PPIP kW</td> <td>5.8732</td> <td>5.8733</td> <td>5.9348</td> <td>6.0578</td> <td>7.1180</td> <td>7.6260</td> <td>9.0863</td> <td>8.0258</td> <td>6.2960</td> <td>6.4575</td> <td>6.9188</td> <td>8.9483</td> <td>9.9348</td> </tr> </tbody> </table>					Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	EAFIP kWh	108	160	152	151	162	157	202	217	207	129	167	195	201	EAFHP kWh	89	59	60	95	61	54	66	61	55	53	61	54	57	PFP kW	6.7658	6.7958	7.0110	6.7343	6.4575	7.8415	7.9235	8.3232	7.7798	6.9188	7.2263	10.1783	9.5433	PPIP kW	5.8732	5.8733	5.9348	6.0578	7.1180	7.6260	9.0863	8.0258	6.2960	6.4575	6.9188	8.9483	9.9348	Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02
Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May																																																																	
EAFIP kWh	108	160	152	151	162	157	202	217	207	129	167	195	201																																																																	
EAFHP kWh	89	59	60	95	61	54	66	61	55	53	61	54	57																																																																	
PFP kW	6.7658	6.7958	7.0110	6.7343	6.4575	7.8415	7.9235	8.3232	7.7798	6.9188	7.2263	10.1783	9.5433																																																																	
PPIP kW	5.8732	5.8733	5.9348	6.0578	7.1180	7.6260	9.0863	8.0258	6.2960	6.4575	6.9188	8.9483	9.9348																																																																	
					Redondeo			-0.0200	-0.02																																																																					
					Aporte Ley Nro. 28749	2568.5168	0.0092	23.63																																																																						
					TOTAL RECIBO DE MAYO-2022			1892.40																																																																						
					Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 67.33																																																																									

Emisión	02/06/2022	Vencimiento	18/06/2022	TOTAL	S/*****1,892.40
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS Y 40/100 SOLES

(*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Mayo-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/CconsultaMiRecibo/>

Facturación: Mayo-2022

SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/06/2022
 Vencimiento 18/06/2022

Recibo Nº 51--14601492

Ayacucho/Huamanga

TOTAL A PAGAR S/ ***1,892.40**



Recibo N° S751-14695220

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/06/2022 al 30/06/2022



Electrocentro

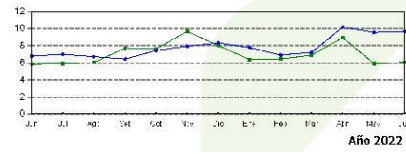


Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Término Contrato	17/05/2023

Junio-2022	
CÓDIGO	65364072

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.9077	60.0000
Calificación	Fuera de Punta
Horas Punta	125

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total	
Energía Activa Total (kWh)	1,348.9560	1,429.3919	80.4359	2,473.4039	Cargo Fijo		14.4550	14.46	
Energía Activa Hora Punta (kWh)	351.2350	369.4688	18.2338	560.6894	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			20.89	
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	997.7210	1,059.9231	62.2021	1,912.7146	Energía Activa HP	560.6894	0.3326	186.49	
Energía Reactiva (kVarh)	560.1870	586.0688	25.8818	795.8654	Energía Activa FP	1912.7146	0.2836	542.45	
Potencia Hora Punta (kW)	0.1930	0.1977	0.1977	6.0793	Energía Reactiva	53.8442	0.0486	2.62	
Potencia Fuera Punta (kW)	0.3110	0.3134	0.3134	9.6371	Pot. Uso Redes Distrib.FP	9.9077	31.1200	308.33	
Factor Calificación : 0.4654		Fac.Medic. 30.0000		Fac.Transf. 1.0250		Pot. Activa Generación FP	9.6371	38.0600	366.79
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.8272)			115.81	
					SUB TOTAL			1557.84	
					Imp. Gral. a las Ventas			280.41	
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02	
					Redondeo			-0.03	
					Aporte Ley Nro. 28749	2473.4040	0.0092	22.76	
					TOTAL RECIBO DE JUNIO-2022			1861.00	
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 66.36				



Importe 2 Últimos Meses Facturados
Abr - 2022 S/ 1862.10 May - 2022 S/ 1892.40

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
EAFIP kWh	180	532	1519	1542	577	2072	257	807	829	167	1915	2001	1910
EAFHP kWh	59	600	595	601	594	696	614	585	525	618	504	567	561
PFP kW	6.7958	7.0110	6.7363	6.4575	7.0415	7.9305	8.3333	7.7796	6.9186	7.2363	10.1783	8.5633	8.6271
PPIP kW	5.8732	5.8348	6.6578	7.7183	7.5240	5.8863	8.0259	6.2860	6.4575	6.9188	8.3683	5.9348	6.0793

Emisión	02/07/2022	Vencimiento	18/07/2022	TOTAL	S/*****1,861.00
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y UNO Y 00/100 SOLES
 (*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Junio-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.
 Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriuz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriuz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/CconsultaMIRecibo/>

Facturación: **Junio-2022**
 SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/07/2022
 Vencimiento 18/07/2022

Recibo N° 51--14695220
 Ayacucho/Huamanga
TOTAL A PAGAR S/ ***1,861.00**



Recibo Nº S751-14789191

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/07/2022 al 31/07/2022



Electrocentro



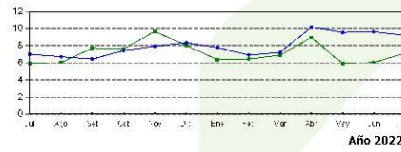
Julio-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	Nº Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Término Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.9077	60.0000
Calificación	Fuera de Punta
Horas Punta	120

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total	
Energía Activa Total (kWh)	1,429.3919	1,505.8230	76.4311	2,350.2563	Cargo Fijo		14.5252	14.53	
Energía Activa Hora Punta (kWh)	369.4688	386.6650	17.1962	528.7832	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			21.16	
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	1,059.9231	1,119.1580	59.2349	1,821.4732	Energía Activa HP	528.7832	0.3326	175.87	
Energía Reactiva (kVarh)	586.0688	610.1090	24.0402	739.2362	Energía Activa FP	1821.4732	0.2836	516.57	
Potencia Hora Punta (kW)	0.1977	0.2320	0.2320	7.1340	Energía Reactiva	34.1593	0.0498	1.70	
Potencia Hora Punta (kW)	0.3134	0.3000	0.3000	9.2250	Pot. Uso Redes Distrib.FP	9.9077	31.4000	311.10	
Factor Calificación : 0.4777		Fac.Medic. 30.0000		Fac.Transf. 1.0250		Pot. Activa Generación FP	9.2250	38.0900	351.38
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.8920)	1.0000	0.5700	124.88	
					Ajuste Tarifario			0.57	
					SUB TOTAL			1517.76	
					Imp. Gral. a las Ventas			273.20	
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0300	0.03	
					Redondeo			-0.01	
					Aporte Ley Nro. 28749	2350.2564	0.0092	21.62	
					TOTAL RECIBO DE JULIO-2022			1812.60	
					Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 63.98				



Importe 2 Últimos Meses Facturados
May - 2022 S/ 1892.40 Jun - 2022 S/ 1861.00

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
EAFPKWH	152	1518	1542	1577	2072	2157	1907	829	867	1915	2001	1910	1821
EAFHPKWH	80	585	601	584	686	616	565	525	618	554	567	561	520
PFP KW	7.8110	6.7340	6.4875	7.4815	7.9325	8.3333	7.7788	6.9188	7.2263	6.5783	6.9633	6.6371	6.2359
PIP KW	5.9348	6.6578	7.1783	7.6260	8.0960	8.0258	6.2860	6.4675	6.9188	6.9483	6.9348	6.0780	7.1340

Emisión	02/08/2022	Vencimiento	18/08/2022	TOTAL	S/*****1,812.60
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MIL OCHOCIENTOS DOCE Y 60/100 SOLES

(*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Julio-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/CconsultaMiRecibo/>

Facturación: Julio-2022

SEDA AYACUCHO S.A.
Suministro 65364072
Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
Ruta 1489-40441-20
Emisión 02/08/2022
Vencimiento 18/08/2022

Recibo Nº 51--14789191

Ayacucho/Huamanga

TOTAL A PAGAR S/ ***1,812.60**



Recibo N° S751-14883145

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/08/2022 al 31/08/2022



Electrocentro



Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Término Contrato	17/05/2023

Agosto-2022	
CÓDIGO	65364072
Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.9077	60.0000
Calificación	Horas Punta
	130

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total				
Energía Activa Total (kWh)	1,505.8230	1,588.8600	83.0370	2,553.3878	Cargo Fijo		14.7829	14.78				
Energía Activa Hora Punta (kWh)	386.6650	404.8300	18.1650	558.5738	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			21.61				
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	1,119.1580	1,184.0300	64.8720	1,994.8140	Energía Activa HP	558.5738	0.3394	189.58				
Energía Reactiva (kVarh)	610.1090	637.6500	27.5410	846.8858	Energía Activa FP	1994.8140	0.2877	573.91				
Potencia Hora Punta (kW)	0.2320	0.2140	0.2140	6.5805	Energía Reactiva	80.8695	0.0511	4.13				
Potencia Fuera Punta (kW)	0.3000	0.2410	0.2410	7.4108	Pot. Uso Redes Distrib. HP	9.9077	33.1400	328.34				
Factor Calificación : 0.5798 Fac.Medic. 30.0000 Fac.Transf. 1.0250					Pot. Activa Generación HP	7.4108	63.7700	472.59				
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.8212)			114.97				
					Interés Compensatorio	1.0000	5.6716	5.67				
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Importe 2 Últimos Meses Facturados</th> </tr> <tr> <td>Jun - 2022 S/ 1861.00</td> <td>Jul - 2022 S/ 1812.60</td> </tr> </table>					Importe 2 Últimos Meses Facturados		Jun - 2022 S/ 1861.00	Jul - 2022 S/ 1812.60	SUB TOTAL			1725.58
Importe 2 Últimos Meses Facturados												
Jun - 2022 S/ 1861.00	Jul - 2022 S/ 1812.60											
					Imp. Gral. a las Ventas			310.60				
					Interés Moratorio	1.0000	0.3442	0.34				
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0100	0.01				
					Redondeo		-0.0200	-0.02				
					Aporte Ley Nro. 28749	2553.3878	0.0092	23.49				
					TOTAL RECIBO DE AGOSTO-2022			2060.00				
					Deuda Anterior (1 Mes.)			1812.60				
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 74.14							

Emisión	02/09/2022	Vencimiento	19/09/2022	TOTAL	S/*****3,872.60
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : TRES MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y DOS Y 60/100 SOLES

(*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Agosto-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriuz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriuz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/CconsultaMiRecibo/>

Fecha Corte: 20/09/2022

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

Facturación: **Agosto-2022**
 SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/09/2022
 Vencimiento 19/09/2022

Recibo N° 51--14883145
 Ayacucho/Huamanga
TOTAL A PAGAR S/ ***3,872.60**



Recibo Nº S751-14977319

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/09/2022 al 30/09/2022



Electrocentro

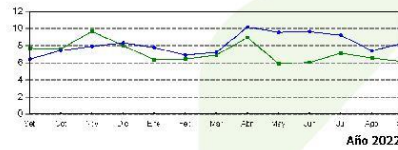
Setiembre-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	Nº Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Término Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.9077	60.0000
Calificación	Horas Punta
	130

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	1,588.8600	1,660.9900	72.1300	2,217.9975	Cargo Fijo		14.8100	14.81
Energía Activa Hora Punta (kWh)	404.8300	422.4900	17.6600	543.0450	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			21.65
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	1,184.0300	1,238.5000	54.4700	1,674.9525	Energía Activa HP	543.0450	0.3401	184.69
Energía Reactiva (kVarh)	637.6500	662.0800	24.4300	751.2225	Energía Activa FP	1674.9525	0.2881	482.55
Potencia Hora Punta (kW)	0.2140	0.2010	0.2010	6.1808	Energía Reactiva	85.8233	0.0512	4.39
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2410	0.2700	0.2700	8.3025	Pot. Uso Redes Distrib. HP	9.9077	33.2000	328.94
Factor Calificación : 0.5031	Fac. Medic. 30.0000	Fac. Transf. 1.0250			Pot. Activa Generación HP	8.3025	64.1900	532.94
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.9231)			129.23
					Interés Compensatorio	1.0000	3.8445	3.84
					SUB TOTAL			1703.04
					Imp. Gral. a las Ventas			306.55
					Interés Moratorio	1.0000	0.5767	0.58
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02
					Aporte Ley Nro. 28749	2217.9975	0.0092	20.41
					TOTAL RECIBO DE SETIEMBRE-2022			2030.60
					Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 72.41			



Importe 2 Últimos Meses Facturados
Jul - 2022 S/ 1812.60 Ago - 2022 S/ 2060.00

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set
EAFIP kWh	1542	1577	2072	2157	1897	1629	1667	1815	2001	1913	1821	1936	1676
EAFHP kWh	801	584	686	618	565	525	618	554	567	581	529	559	540
PFP kW	6.4615	7.4415	7.9325	8.3333	7.7790	6.9188	7.2263	10.1760	9.5533	9.6371	9.2259	7.4108	8.3025
PIP kW	7.7193	7.6290	5.6863	8.0258	6.9360	6.4575	6.9188	6.9683	5.9348	6.6793	7.1040	6.5885	6.1808

Emisión	03/10/2022	Vencimiento	19/10/2022	TOTAL	S/*****2,030.60
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : DOS MIL TREINTA Y SEIS SOLES

(*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Setiembre-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Consultas/ConsultaMiRecibo/>

Facturación: Setiembre-2022

SEDA AYACUCHO S.A.
Suministro 65364072
Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
Ruta 1489-40441-20
Emisión 03/10/2022
Vencimiento 19/10/2022

Recibo Nº 51--14977319

Ayacucho/Huamanga

TOTAL A PAGAR S/ ***2,030.60**



Recibo N° S751-15071775

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/10/2022 al 31/10/2022



Electrocentro

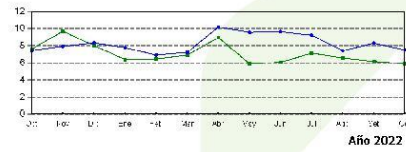
Octubre-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.6002	60.0000
Calificación	Horas Punta
	125

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	1,660.9900	1,733.0700	72.0800	2,216.4600	Cargo Fijo		14.8010	14.80
Energía Activa Hora Punta (kWh)	422.4900	438.5300	16.0400	493.2300	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			21.75
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	1,238.5000	1,294.5400	56.0400	1,723.2300	Energía Activa HP	493.2300	0.3417	168.54
Energía Reactiva (kVarh)	662.0800	687.8000	25.7200	790.8900	Energía Activa FP	1723.2300	0.2896	499.05
Potencia Hora Punta (kW)	0.2010	0.1930	0.1930	5.9348	Energía Reactiva	9.6002	0.0518	6.52
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2700	0.2440	0.2440	7.5030	Pot. Uso Redes Distrib. HP			318.92
Factor Calificación : 0.5259	Fac. Medic. 30.0000	Fac. Transf. 1.0250			Pot. Activa Generación HP	7.5030	64.8200	486.34
					Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.8617)			120.64
					Interés Compensatorio	1.0000	2.2085	2.21
					SUB TOTAL			1638.77
					Imp. Gral. a las Ventas			294.98
					Redondeo			-0.04
					Aporte Ley Nro. 28749	2216.4600	0.0092	20.39
					TOTAL RECIBO DE OCTUBRE-2022			1954.10
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 69.69			



Importe 2 Últimos Meses Facturados
 Ago - 2022 S/ 2060.00 Set - 2022 S/ 2030.60

	Ox	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
EAFIP kWh	1977	2072	2197	1967	929	1667	1915	2001	910	1821	1995	1675	1723
EAFHP kWh	594	646	616	565	525	619	554	567	561	529	559	543	440
PFP kW	7.4615	7.8325	8.3323	7.7798	6.9188	7.2263	10.0740	9.5633	9.6371	9.2250	7.4108	8.3025	7.5000
PPIP kW	7.8250	8.6863	8.0258	6.2860	6.4575	6.9188	8.5463	8.5028	6.6755	7.1340	6.2855	6.1808	5.9348

Emisión	02/11/2022	Vencimiento	18/11/2022	TOTAL	S/*****1,954.10
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO Y 10/100 SOLES

(*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Octubre-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/CconsultaMiRecibo/>

Facturación: Octubre-2022

SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/11/2022
 Vencimiento 18/11/2022

Recibo N° 51--15071775

Ayacucho/Huamanga

TOTAL A PAGAR S/ ***1,954.10**



Recibo Nº S751-15166864

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/11/2022 al 30/11/2022



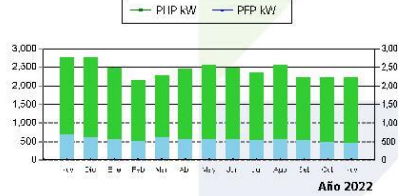
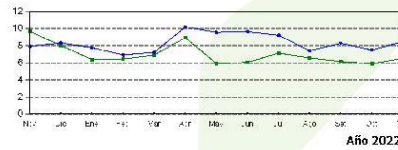
Electrocentro



Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	Nº Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Término Contrato	17/05/2023

Noviembre-2022	
CÓDIGO	65364072
Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.4311	60.0000
Calificación	Fuera de Punta Horas Punta
	125

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	1,733.0700	1,805.7310	72.6610	2,234.3258	Cargo Fijo		14.8870	14.89
Energía Activa Hora Punta (kWh)	438.5300	454.0500	15.5200	477.2400	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			21.88
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	1,294.5400	1,351.6810	57.1410	1,757.0858	Energía Activa HP	477.2400	0.3694	176.29
Energía Reactiva (kVarh)	687.8000	714.5720	26.7720	823.2390	Energía Activa FP	1757.0858	0.3155	554.36
Potencia Hora Punta (kW)	0.1930	0.2130	0.2130	6.5498	Energía Reactiva	152.9413	0.0520	7.95
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2440	0.2760	0.2760	8.4870	Pot. Uso Redes Distrib.FP	9.4311	32.1600	303.30
Factor Calificación : 0.4499	Fac.Medic. 30.0000	Fac.Transf. 1.0250			Pot. Activa Generación FP	8.4870	42.8100	363.33
					Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.8968)			125.55
					Interés Compensatorio	1.0000	5.2935	5.29
					SUB TOTAL			1572.84
					Imp. Gral. a las Ventas			283.11
					Interés Moratorio	1.0000	0.1997	0.20
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0400	0.04
					Redondeo		0.0500	0.05
					Aporte Ley Nro. 28749	2234.3258	0.0092	20.56
					TOTAL RECIBO DE NOVIEMBRE-2022			1876.80
					Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 66.53			



Importe 2 Últimos Meses Facturados
 Set - 2022 S/ 2030.60 Oct - 2022 S/ 1954.10

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
EAFIP kWh	2072	2157	1907	1629	947	1935	2001	813	821	1995	1675	1729	1757
EAFHP kWh	886	614	586	525	618	554	567	561	529	559	543	493	477
PFP kW	7.8035	8.2333	7.7799	6.9188	7.2262	6.1793	6.5633	6.6271	6.2250	7.4308	6.3025	7.5000	6.4870
PIIP kW	5.8863	6.2228	6.3369	6.4715	6.9188	6.9823	6.9248	6.6793	7.1340	6.5885	6.9008	6.9348	6.5498

Emisión	02/12/2022	Vencimiento	19/12/2022	TOTAL	S/*****1,876.80
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SEIS Y 80/100 SOLES

(*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Noviembre-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriuz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriuz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Cconsultas/CconsultaMiRecibo/>

Facturación: Noviembre-2022

SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/12/2022
 Vencimiento 19/12/2022

Recibo Nº 51--15166864

Ayacucho/Huamanga

TOTAL A PAGAR S/ ***1,876.80**



Recibo N° S751-15262398

Ayacucho/Huamanga

Recibo por Consumo del 01/12/2022 al 31/12/2022



Electrocentro



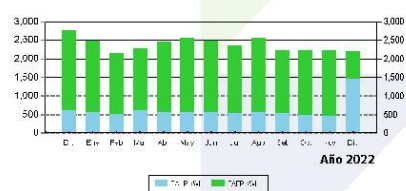
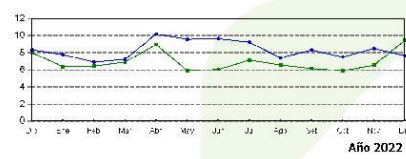
Diciembre-2022

CÓDIGO 65364072

Cliente	SEDA AYACUCHO S.A.		
R.U.C.	20143079075		
Dirección	Bq TOTORILLA s/n Cent AYACUCHO - Ayacucho, Huamanga - Ayacucho		
Referencia			
Ruta	1489-40441-20		
Tarifa	MT3	Serie Medidor	00000002887047 - Electrón.
Medición	Baja Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	22.9/13.2 kV / D-402561	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0161 AYACUCHO RUR (ST4)	Inicio Contrato	18/05/2004
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	17/05/2023

Promedio Máxima Demanda	Potencia Contratada
9.3327	60.0000
Calificación	Horas Punta
	125

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	1,805.7310	1,877.2000	71.4690	2,197.6718	Cargo Fijo		14.8910	14.89
Energía Activa Hora Punta (kWh)	454.0500	501.7800	47.7300	1,467.6975	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			21.62
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	1,351.6810	1,375.4200	23.7390	729.9743	Energía Activa HP	1467.6975	0.3724	546.57
Energía Reactiva (kVarh)	714.5720	736.0000	21.4280	658.9110	Energía Activa FP	729.9743	0.3183	232.35
Potencia Hora Punta (kW)	0.2130	0.3070	0.3070	9.4403	Pot. Uso Redes Distrib. HP	9.3327	33.0900	308.82
Potencia Fuera Punta (kW)	0.2760	0.2490	0.2490	7.6568	Pot. Activa Generación HP	9.4403	67.4700	636.94
Factor Calificación : 1.2438 Fac.Medic. 30.0000 Fac.Transf. 1.0250					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.9344)			130.82
					Interés Compensatorio	1.0000	4.3059	4.31
					SUB TOTAL			1896.32
					Imp. Gral. a las Ventas			341.34
					Interés Moratorio	1.0000	0.0654	0.07
					Saldo por redondeo	1.0000	-0.0500	-0.05
					Aporte Ley Nro. 28749	2197.6718	0.0092	20.22
					TOTAL RECIBO DE DICIEMBRE-2022			2257.90
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 81.22			



Importe 2 Últimos Meses Facturados
Oct - 2022 S/ 1954.10 Nov - 2022 S/ 1876.80

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Dic	Nov	Oct	Sep	Ago	Jul	Jun	May	Abr	Mar	Feb	Ene	Dic
EAFIP kWh	2.97	897	1629	1667	815	2001	1913	821	895	1675	1723	1757	720
EAFHP kWh	614	585	525	618	554	567	561	529	559	540	483	477	1468
PPF kW	8.3332	7.7798	6.9188	7.2543	10.1783	5.5632	9.6271	9.2250	7.4106	8.3025	7.5030	8.4870	7.6568
PIIP kW	8.0258	6.2960	6.4075	6.9188	6.9440	5.9348	6.0793	7.9240	6.5965	6.1888	5.9348	6.5488	5.4803

Emisión	02/01/2023	Vencimiento	18/01/2023	TOTAL	S/*****2,257.90
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------	------------------------

Su AMT es : A4006 - A4006 de SE de Potencia : S.E. Ayacucho

Son : DOS MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y SIETE Y 90/100 SOLES
 (*) El Importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Diciembre-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I. Art. 4, Inciso 6.1.d.
 Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a : pagoseldo@distriluz.com.pe Revise el estado de cuenta de su recibo en : <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Consultas/ConsultaMIRecibo/>

Facturación: **Diciembre-2022**
 SEDA AYACUCHO S.A.
 Suministro 65364072
 Dirección Bq TOTORILLA s/n Cent
 Ruta 1489-40441-20
 Emisión 02/01/2023
 Vencimiento 18/01/2023

Recibo N° 51--15262398
 Ayacucho/Huamanga
TOTAL A PAGAR S/ ***2,257.90**



Anexo B: Lista de Insumos Químicos – PTAR de Totora



GERENCIA OPERACIONAL
Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

CUADRO N° 01. CONTROL DE CONSUMO Y SALDO DE INSUMOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES PTAR TOTORA. DICIEMBRE 2022

CONTROL DE CONSUMO DE INSUMOS QUIMICOS EN LA PTAR TOTORA 2022						
CONSUMO	Hidróxido de Calcio (Cal Hidratada)	Hipoclorito de Calcio al 15 % (Cal Clorada)	Hipoclorito de Calcio al 65- 70 %	Cloro Liquido	Volumen de Aguas Residuales Afluente (m3)	Volumen de Aguas Residuales Tratada efluente (m3)
	[Kg.]	[Kg.]	[Kg.]	[Kg.]		
ENERO	-	180	0	786	1119969.1	964359.5
FEBRERO	-	120	0	500	990062.4	824300.5
MARZO	-	90	2	200	1117582.7	920333.9
ABRIL	-	120	23	814	1028799.2	896111.0
MAYO	-	120	0	900	968,943.70	849,204.10
JUNIO	-	120	5	900	946,697.00	823,755.00
JULIO	-	120	5	775	970217.2	878838.8
AGOSTO	-	150	30	900	983,291.90	883,094.20
SETIEMBRE	-	150	22	782	974609.2	860800.9
OCTUBRE	-	120	18	743	1006948.1	862108.3
NOVIEMBRE	-	90	10	840	975345.21	829491.0
DICIEMBRE	-	60	10	160	1034282.80	913829.85
TOTAL	-	1440	125	8140	12116893.69	10506227.06
RESUMEN						
Saldo Noviembre 2022	-	2070.0	540.0	160.0		
Compra Diciembre 2022	-	-	-	1000.0		
Consumo Diciembre 2022	-	60.0	10.0	160.0		
Saldo de Diciembre 2022	-	2010.0	530.0	1000.0		

INSTITUTO AGUA POTABLE
ASAMBLADO EJECUTIVO SEDA ATACUCHO
Rafaelito Kiriuchi Rodríguez
Jefe de Departamento TAR (a)

Anexo C: Lista de Proveedores de Insumos Químicos



SEDA AYACUCHO

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho S.A.
Llevamos vida a tu hogar

Servicio de Agua Potable y
 Alcantarillado de Ayacucho S.A
 RUC: 20143079075

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"
 Ayacucho, 04 de abril del 2023.

CARTA N°005-2023-SEDA AYACUCHO- GAF-DL/ESPEJEC.

Señor:

Sergio Omar Palomino Taype

Ciudad. -

Asunto : Sobre información solicitada.

Referencia : C/SN de fecha 09.03.23

Mediante la presente, me dirijo a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez remitir información solicitada a través del documento de la referencia sobre la lista de proveedores de insumos químicos de la Ptar de Totora en el año 2022, donde se detalla en el siguiente cuadro:

NRO	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
1	HIDRÓXIDO DE CALCIO (CAL HIDRATADA)	INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUIMICA ANDINA SAC	ADQUISICIÓN REALIZADA EN EL AÑO 2021
2	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 15% (CAL CLORADA)	INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUIMICA ANDINA SAC	ADQUISICIÓN REALIZADA EN EL AÑO 2021
3	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 85%	QUIMICA REGASA SAC	ADQUISICIÓN REALIZADA EN EL AÑO 2022
4	CLORO LIQUIDO.	INDUSTRIAL Y COMERCIAL QUIMICA ANDINA SAC	ADQUISICIÓN REALIZADA EN EL AÑO 2022

Por lo tanto, cumplimos en informar sobre el abastecieron de insumos químicos de la PTAR de Totora concerniente al año 2022 para los fines pertinentes.

Atentamente,


 SEDA AYACUCHO
 SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALcantarillado de Ayacucho S.A.
 USTED EN EJECUCIÓN CONTRACTUAL
 EVLÍN S. BAUTISTA PRADO
 EST. EN EJECUCIÓN CONTRACTUAL

Cc.
 /Archivo.

Local Central: Jr. Manco Cápac N° 342 - Ayacucho / Huamanga Central
 Sucursal Huanta: Jr. Julio C. Tello N° 155
 www.sedaayacucho.pe f sedaayacucho.

Anexo E: Contrato de Académico – PELCAN-PUCP

CONTRATO ACADÉMICO

El presente contrato se celebra entre el representante del PELCAN-PUCP, Sr. Ian Vásquez Rowe y el Bach. Sergio Omar Palomino Taype identificado con DNI N° 70762564, con domicilio en Jr. Sol # 493, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

OBJETIVO DEL CONTRATO

PRIMERA.- Proporcionar el acceso a una licencia de descarga del software SIMAPRO; el uso de esta licencia, con sus respectivas credenciales, es una licencia otorgada al Departamento de Ingeniería de la PUCP, y su uso se debe circunscribir exclusivamente a las actividades docentes programadas. *El uso de esta licencia no está permitido para actividades con ánimo de lucro no asociadas a la docencia o al seguimiento de tesis de pregrado o posgrado de alumnos de la PUCP.* Cualquier otro uso investigador o consultor no está permitido y su distribución a terceros está prohibido.

PLAZO DEL CONTRATO

SEGUNDA.- El periodo de acceso a la licencia será válido hasta el 31 de octubre del 2024.

OBLIGACIONES DE LAS PARTES

TERCERA.- Yo **Sergio Omar Palomino Taype** en mi calidad de egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil perteneciente a la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga me comprometo a usar la licencia proporcionada únicamente con fines académicos para ejecutar mi proyecto de tesis: "INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO EN EL IMPACTO AMBIENTAL EN LA PTAR DE TOTORA, 2022".

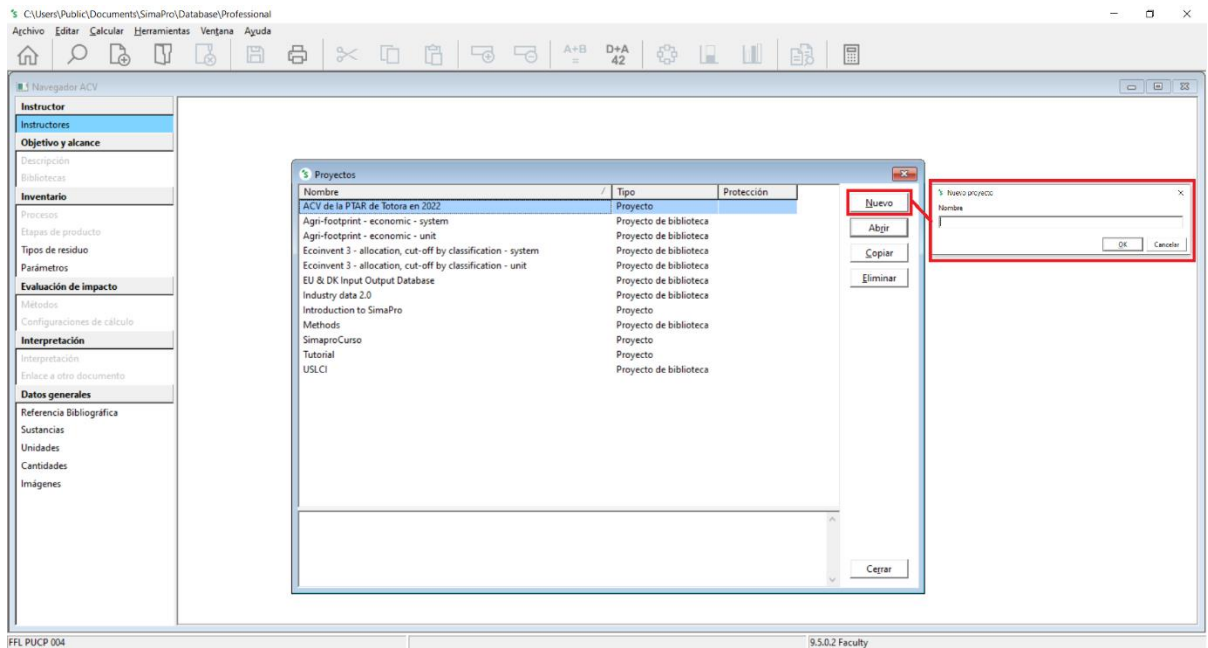
El presente contrato se suscribe el 09 de noviembre del 2023. Las partes involucradas firman al pie para dar conformidad.

Sergio Omar Palomino Taype
DNI N° 70762564
Cel: 966 142 231

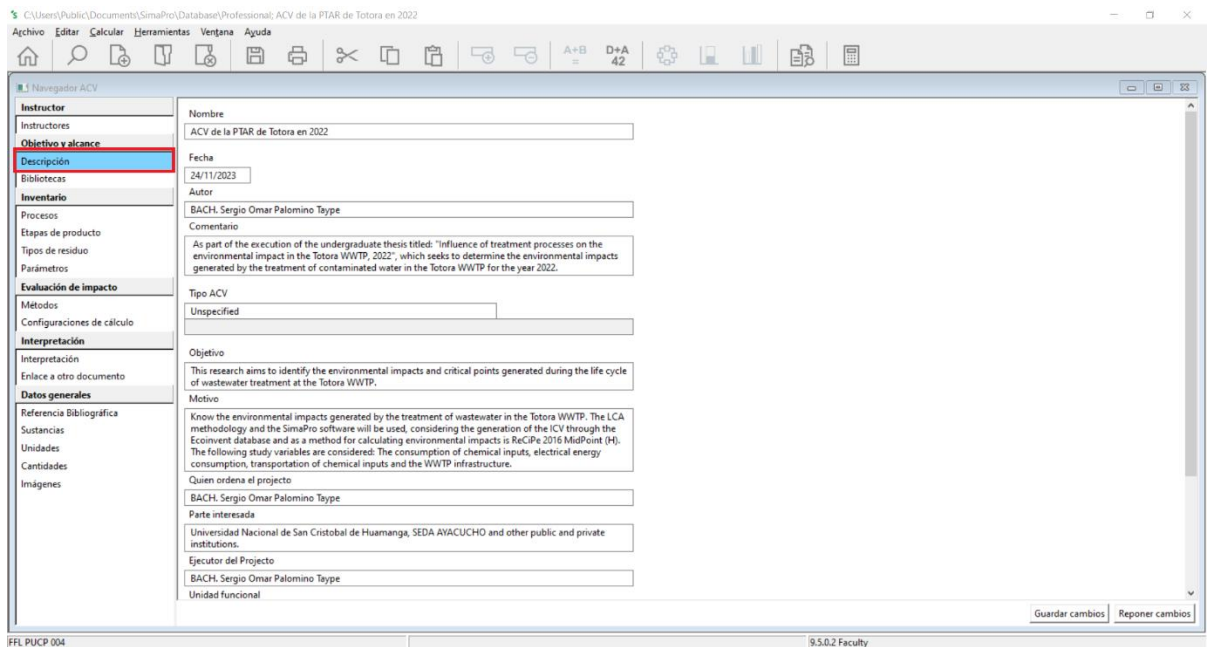
Sr. Ian Vásquez Rowe
DNI N°

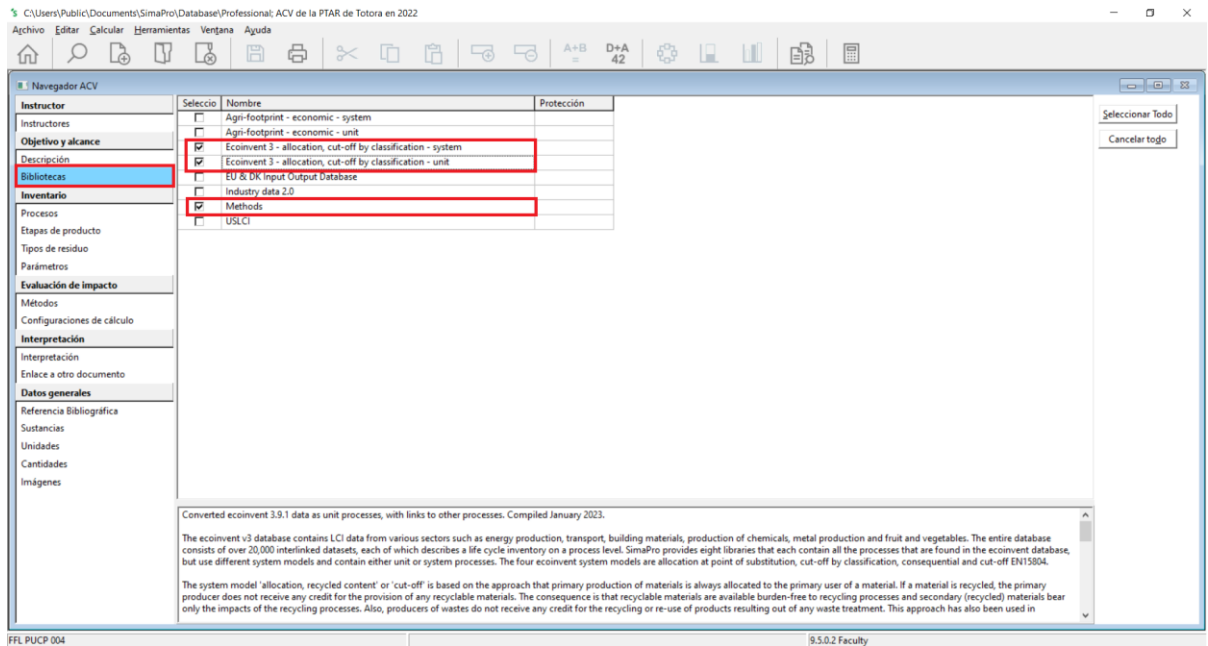
Anexo F: Manual de Uso del Software SimaPro

1. Abrir el software SimaPro v.9.5.0.2.

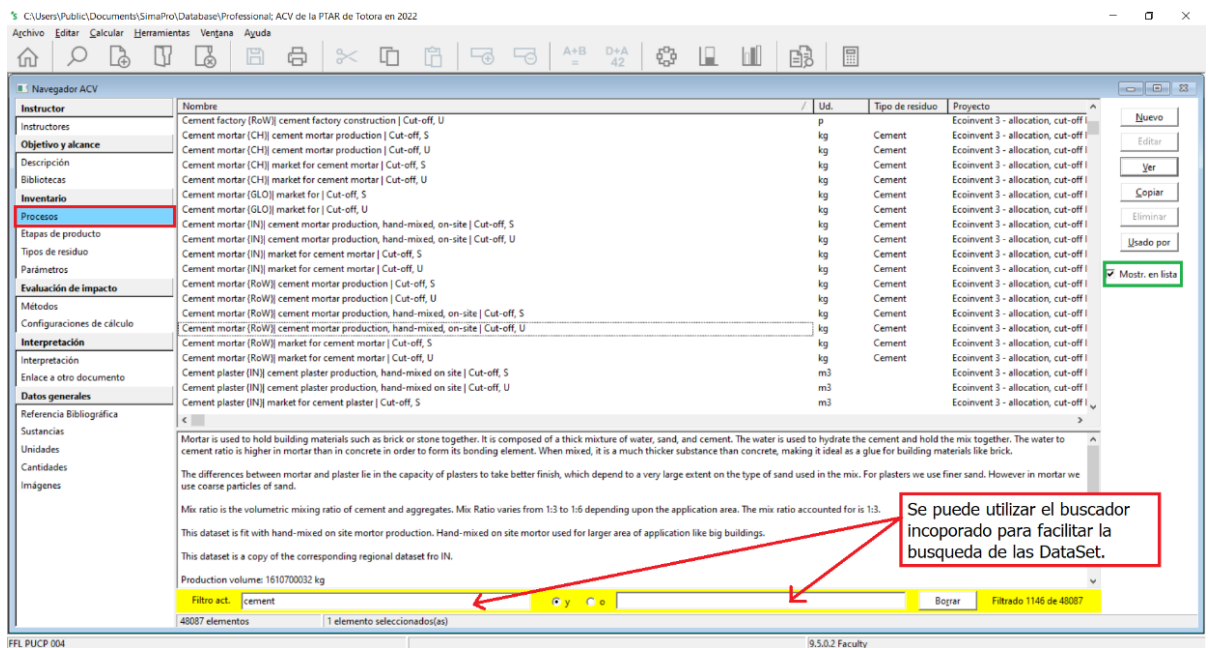


2. En la sección de **Objetivo y alcance**, en la subsección de Descripción se ingresó la información pertinente a la investigación, así mismo, en la subsección de Bibliotecas se estableció el uso de la base de datos Ecoinvent 3 y el uso de métodos.





3. En la sección de **Inventario**, en la subsección de Procesos se buscaron y se analizaron los Data Set que se acomodan e identifican con las variables consideradas en el presente estudio. Esta etapa hace referencia a la elaboración del inventario de ciclo de vida.



4. Una vez identificados los Data Set a utilizar en la investigación se procede a la elaboración de la categoría que contendrá las fases consideradas en la investigación, para lo cual en la sección de "Materiales" se elabora una categoría denominado "PTAR".

C:\Users\Public\Documents\Simapro\Database\Profesional\ACV de la PTAR de Totorá en 2022 - [Editar Material proceso '1_FASE 01: MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES]

Archivo Editar Calcular Herramientas Ventana Ayuda

Documentación Entrada/salida Parámetros Descripción del sistema

Productos								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación	Tipo de residuo	Categoría	Comentario	
1_FASE 01: MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES	1	p	Amount	100 %		_PTAR		
(insertar línea aquí)								
Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario		
Reinforcing steel (RoW) reinforcing steel production Cut-off, U	0.00161	kg	Indefinido					
Cement, Portland (PE) cement production, Portland Cut-off, U	0.00660	kg	Indefinido					
Transport, freight, lorry, unspecified, Steel (RoW) transport, freight, lorry, all sizes, EURO4 to 5	0.00058	tkm	Indefinido					
Transport, freight, lorry, unspecified, Cement (RoW) transport, freight, lorry, all sizes, EURO4	0.00256	tkm	Indefinido					
(insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario		
(insertar línea aquí)								
Salidas								
Emissiones al aire	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Emissiones al agua	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Emissiones al suelo	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Flujos finales de residuos	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Emissiones no materiales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Aspectos sociales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								

FFL PUCP 004 9.5.0.2 Faculty

7. Una vez distribuido los data set en cada fase, se realizará la misma labor de asignar la Fase 01, Fase 02 y Fase 03 en la Fase general denominada como "ACV PTAR de Totorá", posteriormente se hará clic izquierdo en "Analizar".

C:\Users\Public\Documents\Simapro\Database\Profesional\ACV de la PTAR de Totorá en 2022 - [Editar Material proceso '0_ACV PTAR de TOTORÁ']

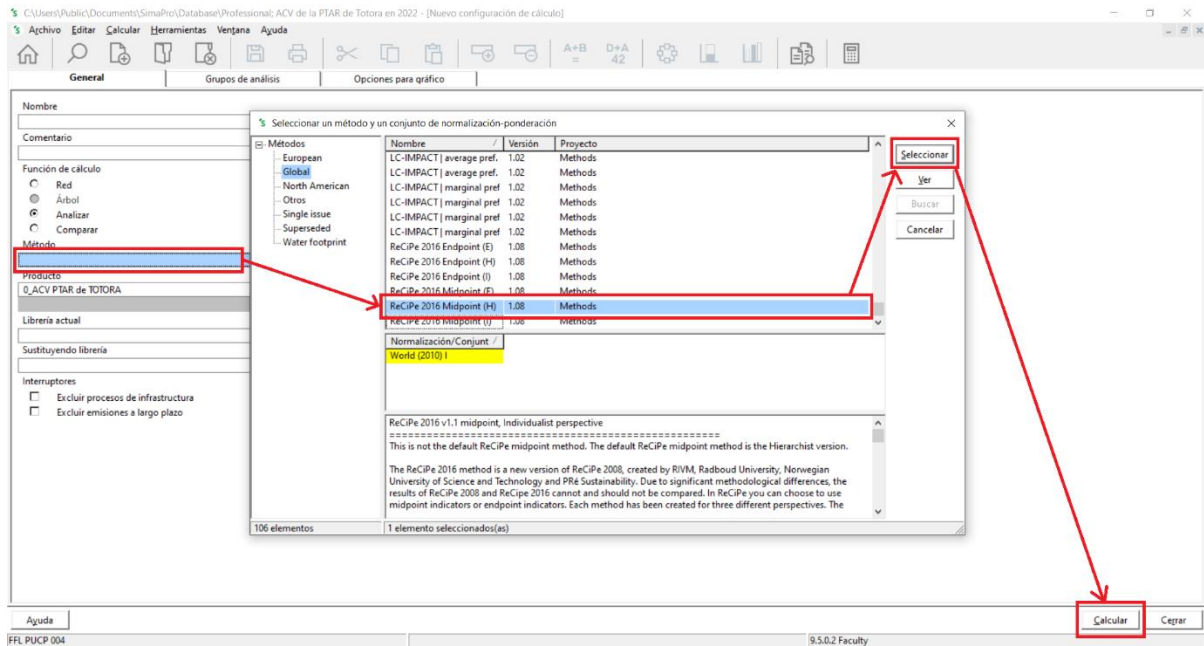
Archivo Editar Calcular Herramientas Ventana Ayuda

Documentación Entrada/salida Parámetros Descripción del sistema

Productos								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación	Tipo de residuo	Categoría	Comentario	
0_ACV PTAR de TOTORÁ	1	p	Amount	100 %		_PTAR		
(insertar línea aquí)								
Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario		
1_FASE 01: MATERIAS PRIMAS Y TRANSPORTES	1	p	Indefinido					
2_FASE 02 CONSTRUCCION DE LA PTAR	1	p	Indefinido					
3_FASE 03 USO DE LA PTAR	1	p	Indefinido					
(insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario		
(insertar línea aquí)								
Salidas								
Emissiones al aire	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Emissiones al agua	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Emissiones al suelo	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Flujos finales de residuos	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Emissiones no materiales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								
Aspectos sociales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS*2 or 2*DS	Min	Máx	Comentario
(insertar línea aquí)								

FFL PUCP 004 9.5.0.2 Faculty

8. En la nueva ventana se realizará la asignación del método considerado para el cálculo de los impactos ambientales, que para este caso es el ReCiPe 2016 Midpoint (H). Para ello se hará doble clic izquierda en la casilla de Método, se abrirá una ventana donde se buscará en la sección de "Global" y escogerá el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), posterior a esto se hará clic izquierdo en el botón "seleccionar" y finalmente se hará clic izquierdo en el botón "Calcular".



9. Finalmente se obtendrán los resultados proporcionados por SimaPro. Los resultados se presentan en tabla donde se indican las 18 categorías de impacto ambiental contempladas por el ReCiPe 2016 Midpoint (H) en unidades numéricas y en porcentajes (para activar la representación en porcentaje se hará clic izquierdo en el icono seleccionado con el cuadro verde). Además, SimaPro proporciona gráficos que representan los resultados obtenidos, para ello se hace clic izquierdo en el icono seleccionado con el cuadro morado. Si se desea visualizar el diagrama de red se realizará clic izquierdo en el icono seleccionado con el cuadro azul. Es importante indicar que SimaPro permite copiar los resultados obtenidos y llevarlos a Ms Excel, para ello se hará clic izquierdo en el icono seleccionado con el cuadro de color naranja.

Se	Categoría de impacto	Unidad	Total	0_ACV PTAR de TOTORA	1_FASE 01: MATERIAS	2_FASE: 02 CONSTRUCCION	3_FASE: 03 USO DE LA PTAR
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming	kg CO2 eq	0.0203	x	0.00989	0.00787	0.00255
<input checked="" type="checkbox"/>	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	3.53E-9	x	9.7E-10	5.6E-10	2E-9
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.000301	x	8.93E-5	3.51E-5	0.000176
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone formation, Human health	kg NOx eq	4.58E-5	x	2.19E-5	1.76E-5	6.23E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	1.98E-5	x	1E-5	5.43E-6	4.4E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone formation, Terrestrial ecosy	kg NOx eq	4.73E-5	x	2.29E-5	1.8E-5	6.43E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	4.05E-5	x	1.88E-5	1.31E-5	8.63E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater eutrophication	kg P eq	4.69E-6	x	2.56E-6	1.18E-6	9.41E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine eutrophication	kg N eq	3.4E-7	x	1.75E-7	8.74E-8	7.8E-8
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.0531	x	0.0239	0.0142	0.015
<input checked="" type="checkbox"/>	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.000581	x	0.000296	8.58E-5	0.0002
<input checked="" type="checkbox"/>	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.000793	x	0.000417	0.000212	0.000257
<input checked="" type="checkbox"/>	Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.00332	x	0.00299	0.000176	0.000159
<input checked="" type="checkbox"/>	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.0106	x	0.00484	0.00254	0.0032
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	m2a crop eq	0.000297	x	0.000105	0.000123	6.9E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.000214	x	0.000164	3.89E-5	1.7E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil resource scarcity	kg oil eq	0.00338	x	0.00159	0.00101	0.000684
<input checked="" type="checkbox"/>	Water consumption	m3	0.000493	x	9.69E-5	0.000119	0.000277



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA N° 021-2024-FIMGC: ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 215-2024-FIMGC-D**, a los diecinueve días del mes de marzo de 2024, siendo las 04:00 p.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, bajo la presidencia del M.Sc. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS Decano de la FIMGC y los miembros; M.Sc. Hemerson LIZARBE ALARCON, M.Sc. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ, M.Sc. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO, actuando como secretario docente el M.Sc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

SERGIO OMAR PALOMINO TAYPE

Quien presentó la tesis denominada:

**INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO EN EL IMPACTO AMBIENTAL
EN LA PTAR DE TOTORA, 2022**

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISEIS (16)

Siendo las 5:40 p.m. del día 19 de marzo de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

M.Sc. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
Presidente

M.Sc. Hemerson LIZARBE ALARCON
Miembro

M.Sc. Edwin Carlos GARCÍA SAEZ
Miembro

M.Sc. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO
Miembro

M.Sc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 012-2024-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 476-2023-FIMGC-UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : PALOMINO TAYPE, SERGIO OMAR
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : Influencia de los procesos de tratamiento en el impacto ambiental en la PTAR de Totorá, 2022
Evaluación de la Originalidad : 16 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2431945532

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 14 de agosto del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil


Msc. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Influencia de los procesos de tratamiento en el impacto ambiental en la PTAR de Totora, 2022

por Sergio Omar Palomino Taype

Fecha de entrega: 14-ago-2024 06:52a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2431945532

Nombre del archivo: Tesis_Sergio_Omar_Palomino_Taype.pdf (7.88M)

Total de palabras: 31366

Total de caracteres: 170658

Influencia de los procesos de tratamiento en el impacto ambiental en la PTAR de Totora, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	17%	11%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Leiden University Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unbosque.edu.co Fuente de Internet	1%
6	www.banxico.org.mx Fuente de Internet	<1%
7	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	de Sousa, Carolina Lopo Ferreira. "Avaliação do Impacto Ambiental do Processo Produtivo de uma Empresa Têxtil", Universidade do Porto (Portugal), 2024 Publicación	<1 %
10	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	doi.org Fuente de Internet	<1 %
14	www.research.unipd.it Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.uclv.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
16	revistas.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad de Piura Trabajo del estudiante	<1 %

20	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.cinvestav.mx Fuente de Internet	<1 %
22	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
23	ria.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
24	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
25	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
26	www.autoxuga.com Fuente de Internet	<1 %
27	ftp.isdi.co.cu Fuente de Internet	<1 %
28	Bruno Diaz, Aina. "Institucionalizacion de la sostenibilidad ambiental del campus universitario desde el enfoque de responsabilidad social universitaria de la Pontificia Universidad Catolica del Peru entre los anos 2007 y 2013.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 Publicación	<1 %

29	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	acceda.ulpgc.es Fuente de Internet	<1 %
32	www.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
35	fdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
36	pure.manchester.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidade de Fortaleza -- Fundação Edson Queiroz / Foundation Edson Queiroz Trabajo del estudiante	<1 %
38	1library.co Fuente de Internet	<1 %
39	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	<1 %

40	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
43	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
45	datospdf.com Fuente de Internet	<1 %
46	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	vsip.info Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words