



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA WEB PARA LA GESTIÓN DE
INFORMACIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE DATOS SOBRE EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ

**Línea de investigación:
Sistemas de información y optimización**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Informático

Autor

Guevara Puente, Favio Jesus

Asesor

Casas Miranda, Roberto José María

ORCID: 0000-0002-2648-167X

Jurado

Flores Masías, Edward Jose

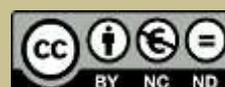
Peña Carrillo, Cesar Serapio

Rosales Fernandez, Jose Hilarion

Pastor Castillo, Jose Enrique

Lima - Perú

2025



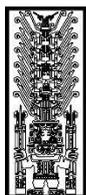
DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA WEB PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE DATOS SOBRE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	5%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dokumen.pub Fuente de Internet	1%
2	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
4	documentop.com Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.upp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.sunass.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA WEB PARA LA GESTIÓN DE
INFORMACIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE DATOS SOBRE EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ

Línea de investigación:
Sistemas de información y optimización

Tesis para optar el Título Profesional de **Ingeniero Informático**

Autor:

Guevara Puente, Favio Jesus

Asesor:

Casas Miranda, Roberto José María

ORCID: 0000-0002-2648-167X

Jurado:

Flores Masías, Edward Jose

Peña Carrillo, Cesar Serapio

Rosales Fernandez, Jose Hilarion

Pastor Castillo, Jose Enrique

Lima – Perú
2025

Dedicatoria

A mi hija Megan Adriana Guevara Valdivia, quien ha sido la luz que ha guiado cada uno de mis pasos en este largo camino. Desde el primer instante, supe que cada desafío y sacrificio en mi vida encontraría su sentido en el amor que te profeso, en el deseo de ser un ejemplo de fortaleza y perseverancia para ti. En los momentos de duda, tu sonrisa y tu inquebrantable fe en mí me han impulsado a seguir adelante, demostrando que cada obstáculo es solo un escalón hacia un futuro lleno de esperanza y posibilidades.

Agradecimiento

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía y fortaleza han sido la luz en mi camino, permitiéndome alcanzar metas que alguna vez parecieron inalcanzables. Su presencia me ha sostenido en cada desafío, inspirándome a seguir adelante.

A mi madre, Ernestina Adela Puente Morales, por su incansable apoyo, dedicación y preocupación constante, que me han impulsado a superar cada obstáculo.

A mi padre, Eudaldo Favio Guevara Arroyo, cuyas propias realizaciones académicas y perseverancia han sido un faro de inspiración, motivándome a dar lo mejor de mí en cada paso.

A mis tías, Clara Puente Morales y Rosa Puente Morales, quienes me ofrecieron un apoyo emocional invaluable en los momentos más difíciles, recordándome siempre que la fortaleza se encuentra en la unión y el aliento familiar.

Finalmente, rindo un homenaje especial a mi abuelita, Carmen Emilia Morales Santivañez, quien en paz descansa. Su amor y la calidez de su acogida en momentos de adversidad han dejado una huella imborrable en mi vida, recordándome siempre el valor de la resiliencia y la esperanza.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser la base sobre la cual he construido este logro.

Índice

Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y Formulación del Problema.....	1
1.1.1. Problema general	4
1.1.2. Problemas específicos.....	4
1.2. Antecedentes	4
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Justificación.....	7
1.4.1. Justificación Teórica.....	7
1.4.2. Justificación Práctica	7
1.4.3. Justificación Metodológica	8
1.5. Hipótesis de Investigación.....	8
1.5.1. Hipótesis General	8
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	8
II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	9
2.1.1. Sistemas Web	9
2.1.2. Metodología de Sistemas.....	13

2.1.3. Información	40
2.1.4. Importancia de la Información.....	40
2.1.5. Toma de decisiones	40
2.1.6. Gestión de la Información	41
2.1.7. Velocidad	43
2.1.8. Capacidad.....	45
2.1.9. Disponibilidad	45
2.1.10. Funcionalidad	47
2.1.11. Integridad	47
2.1.12. Eficiencia.....	48
2.1.13. Eficacia.....	50
2.1.14. Reingeniería de Procesos	52
2.1.15. Tratamiento de aguas residuales	53
2.1.16. Gases de Efecto Invernadero (GEI)	61
2.1.17. Factores de Emisión.....	63
2.1.18. Estimaciones de GEI	66
III. MÉTODO	76
3.1. Tipo de investigación.....	76
3.2. Ámbito temporal y espacial	78
3.2.1. Ámbito Temporal	78
3.2.2. Ámbito espacial	78
3.3. Variables.....	78
3.3.1. Variable Independiente: Diseño e implementación de un Sistema Web	78

3.3.2. Variable Dependiente: Gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú	79
3.3.3. Operacionalización de Variables	80
3.4. Población y muestra.....	81
3.4.1. Población.....	81
3.4.2. Muestra.....	82
3.5. Instrumentos	83
3.5.1. Ficha de registro	83
3.6. Procedimientos	83
3.7. Análisis de datos.....	84
IV. RESULTADOS.....	85
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	92
VI. CONCLUSIONES	95
VII. RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS	100
ANEXOS.....	109
A. Matriz de consistencia	109
B. Ficha de observación de Numero de reportes generados – Pre-Test	111
C. Ficha de observación de Numero de reportes generados – Post-Test.....	112
D. Ficha de observación de Tiempo de cálculo de fórmulas – Pre-Test	113
E. Ficha de observación de Tiempo de cálculo de fórmulas – Post-Test.....	114
F. Propuesta de Acción	115

Índice de Figuras

Figura 1 PgAdmin, interfaz gráfica de la base de datos PostgreSQL.....	26
Figura 2 Extensión del PostgreSQL, PostGis orientado a los datos espaciales.....	27
Figura 3 Extensiones de VS Code instaladas para el proyecto.....	28
Figura 4 Programming, Scripting and Markup Languages Ranking.....	29
Figura 5 Servidor Web donde se almacenan los archivos WAR.....	31
Figura 6 Petición en Postman apuntando a una IP pública.....	32
Figura 7 Diagrama de clases de la sección de registro de Tratamiento de plantas de aguas residuales.....	35
Figura 8 Diagrama ERD de la sección de generación de residuos	36
Figura 9 Diseño Pre-experimental	77
Figura 9 Análisis del indicador de Eficacia antes y después de la implementación.....	87
Figura 9 Análisis del indicador de Eficiencia antes y después de la implementación.....	91

Índice de Tablas

Tabla 1 Características técnicas de sistemas web	11
Tabla 2 Componentes estructurales del sistema web	12
Tabla 3 Métricas de interacción entre capas	12
Tabla 4 Estándares técnicos implementados.....	13
Tabla 5 Principios teóricos de eficiencia en sistemas de información ambiental	50
Tabla 6 Principios teóricos de eficacia en sistemas de información ambiental	52
Tabla 7 Categorías de GEI.....	62
Tabla 8 Factores de emisión según la tecnología usada	64
Tabla 9 Factores de emisión según el cuerpo receptor	65
Tabla 10 Parámetros para la estimación de las emisiones CH ₄ en PTAR.....	66
Tabla 11 Parámetros para las estimaciones de las emisiones CH ₄ en descarga de PTAR.....	67
Tabla 12 Parámetros para la estimación de las emisiones CH ₄ al descargar de aguas residuales que están sin tratamiento.....	68
Tabla 13 Parámetros para la estimación de las emisiones CH ₄ por falta de cobertura de alcantarillado.....	69
Tabla 14 Parámetros para la estimación de las emisiones N ₂ O en PTAR.....	69
Tabla 15 Parámetros para la estimación de las emisiones N ₂ O en descarga de PTAR	70
Tabla 16 Parámetros para la estimación de las emisiones N ₂ O por descarga de aguas residuales sin tratamiento	71
Tabla 17 Parámetros para la estimación de las emisiones N ₂ O por falta de cobertura de alcantarillado.....	72
Tabla 18 Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de Diesel de motores in-situ (Diesel)	73
Tabla 19 Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de energía eléctrica.....	73

Tabla 20 Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de gas natural de motores in-situ	74
Tabla 21 Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de petróleo/gasolina de motores.....	75
Tabla 22 Operacionalización de variables	80
Tabla 23 EPS a nivel Nacional.....	81
Tabla 24 Instrumentos de acopio de información	83
Tabla 25 Prueba de normalidad Shapiro – Wilk	85
Tabla 26 Prueba no paramétrica – Wilcoxon.....	86
Tabla 27 Prueba de normalidad Shapiro – Wilk	88
Tabla 28 Prueba no paramétrica – Wilcoxon.....	89
Tabla 29 Cronograma de capacitación para el Módulo Información General	116
Tabla 30 Cronograma de capacitación para el Módulo de Gestión PTAR.....	116
Tabla 31 Cronograma de capacitación para el Módulo de Gestión Ambiental	117

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar la influencia del sistema web en la gestión de información ambiental sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú. La investigación fue de tipo aplicada con alcance descriptivo y explicativo, empleando un diseño pre-experimental y transversal. La población comprendió 50 usuarios especialistas de las EPS a nivel nacional y 8,700 reportes generados, utilizándose una muestra censal para usuarios y muestreo no probabilístico por criterio para reportes. Se empleó la técnica de observación mediante fichas de registro para evaluar la eficacia y eficiencia. Los hallazgos encontraron una mejora significativa en la eficacia, aumentando la generación de reportes sin observaciones del 9% a un promedio de 98% ($p < 0.000$), y en la eficiencia, reduciendo el tiempo de cálculo de fórmulas de un promedio de 25 minutos a menos de 3 minutos ($p < 0.000$). Se concluyó que el sistema web influyó positivamente en la gestión de información ambiental, optimizando significativamente los procesos de monitoreo y control de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: sistema web, gestión ambiental, tratamiento de aguas residuales, eficacia, eficiencia, emisiones GEI.

Abstract

The study aimed to determine the influence of a web system on environmental information management regarding wastewater treatment in Peru. The research was applied with descriptive and explanatory scope, using a pre-experimental and cross-sectional design. The population comprised 50 specialist users from national water utilities and 8,700 generated reports, using census sampling for users and non-probabilistic criterion sampling for reports. The observation technique was employed through registration forms to evaluate effectiveness and efficiency. The research finds significant improvement in effectiveness, increasing the percentage of reports without observations from 9% to an average of 98% ($p < 0.000$), and in efficiency, reducing formula calculation time from an average of 25 minutes to less than 3 minutes ($p < 0.000$). It was concluded that the web system positively influenced environmental information management, significantly optimizing wastewater treatment monitoring and control processes.

Keywords: web system, environmental management, wastewater treatment, effectiveness, efficiency, GHG emissions.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y Formulación del Problema

Hoy en día, los sistemas web desempeñan un rol crucial en la administración de información, revolucionando el modo en que se accede y se procesan los datos en diversos ámbitos a escala mundial. Estas plataformas permiten la recopilación, almacenamiento, procesamiento y distribución de grandes cantidades de información, mejorando la eficiencia operativa. Su accesibilidad y capacidad de escalar no solo han democratizado el acceso a los datos, sino que también han facilitado la interacción en tiempo real entre organizaciones y personas, independientemente de su ubicación geográfica (Govea et al., 2023). Al centralizar la información, los sistemas web mejoran la toma de decisiones, impulsando progresos en zonas como el entorno ambiental, aspectos educativos y los negocios, donde analizar gran cantidad de información es esencial.

En naciones como Estados Unidos y distintas naciones europeas, los gobiernos han establecido regulaciones para potenciar la gestión de aguas de residuo mediante el empleo de tecnologías avanzadas. La Unión Europea, por medio de la Directiva Marco del Agua, fomenta la reutilización de aguas tratadas en actividades industriales y agrícolas, asegurando estándares de calidad adecuados. Además, en naciones de las naciones bajas y Alemania, los avances en plantas de tratamiento permiten recuperar nutrientes y la producción de energía, evidenciando el beneficio de la tecnología en la gestión ambiental (EuroNews, 2023). De manera similar, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en Estados Unidos ha implementado políticas que incorporan sistemas de monitoreo digital, garantizando la precisión de la información para poder tomar decisiones fundamentada en evidencia (Agencia de Protección Ambiental [EPA], 2023). Estas acciones reflejan un compromiso global por fortalecer sistemas web que mejoren la gestión de información ambiental y el uso sostenible de los recursos naturales.

El impacto de estos sistemas web es especialmente notorio en la gestión y análisis de cantidades grandes de información, lo que permite identificar patrones, realizar proyecciones y desarrollar estudios con mayor precisión y rapidez. Al proporcionar plataformas que integran y procesan datos, estos sistemas aceleran la innovación en diversos campos y mejoran la colaboración entre expertos de distintas disciplinas. Además, los sistemas web amplían el alcance de la educación al facilitar la enseñanza a distancia, superando las barreras físicas y permitiendo a estudiantes de zonas remotas el acceso a los mismos datos en tiempo real. Esta expansión de las oportunidades educativas a través de la tecnología también impulsa el crecimiento de capacidades, en el nivel individual y a nivel de organización, beneficiando el crecimiento económico y social a escala global.

En el ámbito empresarial, los sistemas web facilitan la transformación digital de las compañías, promoviendo la automatización de procesos internos y la administración optimizada de vínculos con los usuarios. A través de estos sistemas, las empresas logran reducir el tiempo y los recursos destinados a tareas manuales, lo cual aumenta su eficiencia operativa. Además, la digitalización permite monitorear y analizar la información en tiempo real, favoreciendo una toma de decisiones más precisa y oportuna. Este enfoque digital fortalece la competencia en el mercado de las distintas instituciones, al reducir errores humanos, mejorar la precisión y acelerar el flujo de trabajo (Kumar et al., 2016). De esta forma, los sistemas web no solo optimizan los procesos internos, sino que también facilitan la integración de los diferentes departamentos de una organización, incrementando su capacidad de adaptación en el mercado actual de las demandas.

No obstante, la ausencia de sistemas web en una organización puede llevar a pérdidas significativas en términos de eficiencia, competitividad y precisión. Sin acceso a tecnologías digitales, muchas empresas deben invertir más tiempo y recursos en tareas rutinarias que podrían automatizarse fácilmente. Esto limita su capacidad para dedicarse a actividades

estratégicas y con mayor valor agregado, lo cual genera una desventaja frente a la competencia (Bughin y Hazan, 2019). Además, la falta de digitalización incrementa el riesgo de errores humanos en la gestión de información y dificulta la comunicación entre equipos, afectando la innovación y el desarrollo. En un mundo altamente interconectado, la colaboración en tiempo real es esencial para el éxito empresarial, y la ausencia de sistemas web puede restringir estas oportunidades.

En el ámbito del Perú, el manejo de aguas residuales representa un desafío crítico debido a la falta de información precisa y estandarizada, especialmente en las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS). No cuentan con un formato homogéneo de los informes y datos que en ocasiones resultan inexactos o incompletos, las EPS enfrentan dificultades para realizar un análisis eficaz y tomar decisiones informadas. Esta carencia de datos confiables y disponibles limita las competencias de las respectivas autoridades para implementar medidas correctivas y responder adecuadamente ante problemas ambientales. Además, el tiempo y los materiales que se invierten en la revisión y corrección de estos informes atrasan aún más las decisiones, lo cual repercute negativamente en la gestión de las aguas residuales y, en consecuencia, en el entorno ambiental (Sousa y Rocha, 2019).

El hecho de implementar una estructura web para gestionar los datos ambientales en el tratamiento de aguas residuales en Perú beneficiaría tanto a las EPS como a la sociedad en general. Al permitir el monitoreo en tiempo real y generar reportes automatizados, este sistema optimizaría el uso de recursos y reduciría los períodos de tiempo de respuesta para tomar decisiones. Así, las aguas residuales podrían valorarse como un recurso recuperable, aplicable en sectores industriales, agrícolas y recreativos, promoviendo la sostenibilidad del agua. Un ejemplo es la subasta de aguas residuales realizada en 2018 por Emapica, que benefició al sector agrícola mediante el riego de 600 hectáreas con aguas tratadas (Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento [SUNASS], 2022). Este tipo de prácticas no solamente

potencia la eficiencia en las operaciones de las EPS, sino favorece la transparencia y fomenta un enfoque más sostenible en la gestión de recursos hídricos.

1.1.1. Problema general

¿En qué medida, el diseño e implementación de un sistema web influye en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida, el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficacia en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú?
- ¿En qué medida, el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficiencia en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú?

1.2. Antecedentes

Acuña (2022), en su investigación tuvo el propósito de hacer una propuesta para implementar un sistema web para la administración de la información en el departamento de catastro de una institución de telecomunicaciones. En el aspecto metodológico fue tipo aplicada con un diseño descriptivo y no experimental, se realizó un análisis detallado del flujo de actividades dentro del área. La población está compuesta por los procesos de gestión de catastro, y se seleccionó una muestra representativa de estos procesos. Para el acopio de información se empleó la observación estructurada y el instrumento fue un cuestionario aplicado a los trabajadores del área de catastro. Los resultados indicaron que la elaboración de la arquitectura de la base de datos y el desarrollo del sistema web mejoraron en un 30% la eficiencia en el manejo, almacenamiento y resguardo de la información. En conclusión, la implementación de este sistema web optimizó la calidad del trabajo al facilitar el tratamiento, el intercambio y la protección de los datos gestionada en el departamento de catastro.

Cabrera et al. (2022), en su trabajo desarrollaron una investigación con el objetivo de describir el diseño e implementación de una estructura para tratar las aguas residuales en una empresa de embutidos para cumplir con las regulaciones de descarga. Utilizando una metodología descriptiva y exploratoria, se centraron en profundizar en los aspectos técnicos de su implementación. Los resultados del estudio incluyeron valoraciones específicas sobre la efectividad de la estructura implementada. Concluyeron que el hecho de implementar y diseñar estos sistemas contribuye significativamente a la gestión ambiental y a la optimización en el tratamiento de aguas, destacando la relevancia de los medios tecnológicos en la gestión de recursos hídricos.

Quintero et al. (2022), en su trabajo titulado "*Diseño de un sistema para la gestión ambiental de una Universidad Distrital*", desarrollaron una investigación con el objetivo de describir la forma de diseñar e implementar una estructura web para gestionar información ambiental, incluyendo datos sobre el trato de aguas residuales en el lugar de estudio. Utilizando una metodología descriptiva y exploratoria, se centraron en profundizar en los aspectos técnicos de su implementación. Los resultados del estudio incluyeron valoraciones específicas sobre la efectividad de la estructura implementada. Concluyeron que la manera de implementar y diseñar estos sistemas contribuye significativamente a la gestión ambiental y a la optimización en el tratamiento de aguas, resaltando el papel de los medios tecnológicos en la gestión de recursos hídricos.

Alonzo y Lovera (2022), desarrollaron una investigación con la finalidad de demostrar que la implementación de un sistema basado en la web tiende a mejorar la administración de la información de seguridad ambiental y ocupacional en comparación con el uso de herramientas de oficina. Utilizando una metodología descriptiva y exploratoria, se centraron en profundizar en los aspectos técnicos de su implementación. Los resultados del estudio incluyeron valoraciones específicas sobre la eficiencia de los sistemas implementados.

Concluyeron que implementar y diseñar estos sistemas contribuyen significativamente a la gestión ambiental y a la optimización en el tratamiento de aguas, destacando la relevancia de los entornos tecnológicos en la manipulación de recursos hídricos.

Guerrero et al. (2024), realizaron un estudio con el fin de describir el diseño de un sistema web para mejorar el aspecto comunicativo y la accesibilidad a los datos sobre los servicios de agua en una organización local de gestión de agua. Utilizando una metodología descriptiva y exploratoria, se centraron en profundizar en los aspectos técnicos de su implementación. Los resultados del estudio incluyeron valoraciones específicas sobre la eficacia del sistema implementado, con una cantidad de citas actuales de 0. Concluyeron que la implementación y diseño de estos sistemas contribuyen significativamente a la gestión ambiental y a la optimización en el tratamiento de aguas, subrayando la relevancia de la tecnología en el manejo del material hídrico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.
- Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

La investigación se apoya en las bases teóricas conformada por diversas investigaciones previas que evidencian la efectividad de las estructuras de información en la gestión de recursos ambientales y urbanos. Muñoz et al. (2018) resaltan cómo la adopción de una estructura de Información Geográfica en las plantas tratadas por la Armada Nacional de Colombia optimizó la toma de decisiones vinculadas al saneamiento ambiental. De igual manera, trabajos como los de Acuña (2022) y Obregón et al. (2017) enfatizan las ventajas de los sistemas web en la gestión eficaz de información, destacando tanto el ahorro de tiempo como la exactitud en la recopilación y análisis de datos. Estos estudios proporcionan un fundamento teórico robusto para sostener que implementar una estructura web en el ámbito de la administración de aguas residuales en Perú podría incrementar la eficacia y efectividad de las plantas de tratadas, minimizando errores humanos y facilitando decisiones basadas en información actualizada.

1.4.2. Justificación Práctica

En el contexto del tratamiento de las plantas de aguas residuales en Perú, la administración de información sigue siendo un proceso altamente manual y fragmentado, lo que puede dar lugar a errores, retrasos e imprecisiones en la toma de decisiones. La implementación de un sistema web automatizado busca abordar estos problemas mediante la optimización de la recolección, almacenamiento y análisis de datos ambientales. Este sistema mejorará la eficacia de los procesos al reducir el tiempo necesario para acceder y analizar los datos, aumentar la precisión en los informes generados y facilitar la forma de monitorear los indicadores que miden la calidad del agua. Estos avances tendrán un impacto directo en la funcionalidad diaria del tratamiento de las plantas, contribuyendo a una administración con mayor eficiencia de los materiales del agua y ayudando a Perú a cumplir con los estándares ambientales internacionales.

1.4.3. *Justificación Metodológica*

La orientación de la metodología de la investigación es pre-experimental y transversal, ya que la introducción del sistema web funciona como una intervención, y se miden los resultados antes y después de su implementación. La investigación se define como descriptiva porque detalla las características del sistema web y su aplicación en la gestión de información, y también como explicativa, puesto que busca examinar el impacto de este sistema en la eficiencia y eficacia percibida por los usuarios. Según Hernández et al. (2014), un estudio descriptivo se centra en identificar propiedades y rasgos relevantes de un fenómeno, mientras que uno explicativo intenta entender las asociaciones de causa y efecto entre las categorías. Este enfoque metodológico permite evaluar cómo el hecho de implementar una estructura web contribuye a mejorar los procesos de manejo de información del tratamiento de las plantas de aguas residuales.

1.5. Hipótesis de Investigación

1.5.1. *Hipótesis General*

El diseño e implementación de un sistema web influye positivamente a la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú

1.5.2. *Hipótesis Específicas*

- El diseño e implementación de un sistema web influye positivamente en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú
- El diseño e implementación de un sistema web influye positivamente en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Sistemas Web*

Estos sistemas son conocidos como empleos web, ya que no se instalan en una plataforma o sistema operativo específico de un ordenador, sino que se alojan en un servidor o hosting. Según Barajas (2020), “se puede acceder a ellos utilizando un navegador web. Funcionan con bases de datos que ayudan al procesamiento y consulta de datos de manera activa a las personas” (p. 47).

Actualmente, las estructuras web son ampliamente utilizadas debido a la facilidad de acceso que ofrece un navegador web para el usuario final. De acuerdo con Díaz (2017):

Las empresas dependen cada vez más de la adopción de sistemas que automaticen sus procedimientos y mejoren el manejo de sus recursos, de allí que el uso de una estructura web o de escritorio se ha convertido en una necesidad casi indispensable. Las organizaciones se adaptan de manera rápida y continua a los cambios del entorno, impulsados por competitividad alta y el dinamismo transformador del mercado, lo que representa un gran desafío para aquellas empresas dispuestas a aprovechar estas plataformas. (p. 82)

El uso de un sistema web ofrece numerosas ventajas y beneficios, como la reducción de costos, la optimización del tiempo y un mejor rendimiento en los procesos, ya que el personal realizará sus tareas a través del sistema. Además, estos sistemas permiten que múltiples usuarios accedan simultáneamente en tiempo real, facilitando la consulta de información de manera equitativa. Al estar toda la información integrada, almacenada y centralizada, no es necesario compartir pantallas ni enviar correos electrónicos, ya que los usuarios pueden acceder directamente al sistema y obtener los datos que necesiten con total accesibilidad.

2.1.1.1. Definición y características.

Un sistema web es una solución tecnológica que opera sobre protocolos de internet, caracterizada por su arquitectura distribuida y su facilidad para el procesamiento de la información en tiempo real. La evolución de estos sistemas ha transformado significativamente la gestión de información empresarial, permitiendo los procedimientos automatizados y tomar decisiones centrados en la información web (Diaz, 2017).

Características Fundamentales:

1. Accesibilidad Distribuida

- Acceso multiplataforma
- Independencia de ubicación
- Disponibilidad 24/7

Escalabilidad horizontal y vertical

2. Procesamiento Centralizado

- Gestión unificada de datos
- Control de versiones en tiempo real
- Sincronización automática
- Backups centralizados

3. Seguridad Integral

- Autenticación multinivel
- Encriptación de datos
- Control de acceso basado en roles
- Auditoría de transacciones

Tabla 1*Características técnicas de sistemas web*

Característica	Especificación Técnica	Beneficio Operativo	Métrica de Evaluación
Tiempo de Respuesta	< 200ms por transacción	Eficiencia operativa	Latencia promedio
Concurrencia	> 1000 usuarios simultáneos	Alta disponibilidad	Usuarios activos/hora
Disponibilidad	99.9% uptime	Continuidad operativa	Tiempo activo mensual
Seguridad	SSL/TLS, OAuth 2.0	Protección de datos	Incidentes/mes

Nota. Métricas basadas en estándares industriales según IEEE 2020.

2.1.1.2. Estructura de sistemas web

Está compuesto de tres capas principales interconectadas que garantizan la separación de responsabilidades y el modularidad del sistema (Kumar et al., 2016).

Capa de Presentación

- User interface (UI)
- User experiences (UX)
- Responsive design
- Componentes interactivos

Capa de Negocio

- Lógica empresarial
- Procesamiento de datos
- Validaciones

- Servicios web

Capa de Datos

- Persistencia
- Modelos de datos
- Transacciones
- Optimización

Tabla 2

Componentes estructurales del sistema web

Capa	Componentes	Tecnologías	Responsabilidad
Presentación	Frontend	HTML5, CSS3, JavaScript	Interfaz usuario
Negocio	Backend	Java, Python, .NET	Procesamiento
Datos	Base de datos	PostgreSQL, MongoDB	Almacenamiento

Nota. Arquitectura basada en el modelo de tres capas según estándares actuales.

2.1.1.3. Interacción entre capas

La comunicación entre capas se realiza mediante interfaces bien definidas que aseguran el desacoplamiento y la mantenibilidad del sistema (Govea et al., 2023).

Tabla 3

Métricas de interacción entre capas

Interacción	Protocolo	Tiempo Respuesta	Throughput
UI-Backend	REST/HTTP	< 100ms	1000 req/s
Backend-DB	TCP/IP	< 50ms	5000 trans/s
Cache-DB	TCP/IP	< 10ms	10000 ops/s

2.1.1.4. Tecnologías y estándares

Los sistemas web modernos implementan un conjunto diverso de tecnologías y estándares que garantizan su robustez y escalabilidad (Sousa y Rocha, 2019).

Tabla 4

Estándares técnicos implementados

Categoría	Estándar	Versión	Propósito
Seguridad	OAuth 2.0	2.1	Autenticación
API	REST	HTTP/1.1	Comunicación
Datos	JSON	RFC 8259	Intercambio datos
Web	HTML5	5.2	Presentación

2.1.2. Metodología de Sistemas

2.1.2.1. Necesidades del sistema

Necesidades Funcionales

Los principales requisitos de la estructura web para la administración de información ambiental, basados en datos sobre el tratamiento de aguas residuales en Perú, incluyen:

- **Módulo de Registro de Plantas de Tratamiento:** Permitir que las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) registren y actualicen la información de las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan, incluyendo detalles como ubicación, procesos de tratamiento, capacidad, entre otros.
- **Módulo de Reporte de Tratamiento de Aguas:** Generar informes automáticos sobre parámetros clave del tratamiento de aguas residuales, como caudal, DBO (Demanda

Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno), sólidos suspendidos, entre otros. Estos informes deben estar disponibles en tiempo real y ofrecer la posibilidad de visualizar tendencias históricas.

- **Módulo de Cálculo de Emisiones de GEI:** Incluir un sistema para calcular la emisión de gas de efecto invernadero (GEI) producidas durante el trato de aguas residuales, considerando tanto la emisión directa e indirecta, siguiendo las metodologías y lineamientos de organismos como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).
- **Módulo de Monitoreo y Alertas:** Implementar un sistema de alertas que notifique a los usuarios sobre incumplimientos en los parámetros de calidad de los efluentes, excesos en los límites máximos permitidos o cualquier otra irregularidad detectada en el proceso de tratamiento.
- **Módulo de Gestión de Lodos:** Facilitar el registro y seguimiento de la generación, tratamientos y disposiciones finales de los lodos resultantes del tratamiento de las plantas, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente.
- **Interfaz de Usuario Amigable:** Desarrollar una interfaz intuitiva y con facilidad de navegación que haga que las personas, especialmente a los especialistas de las EPS, interactuar con el sistema de manera eficiente.

- **Integración con Sistemas Externos:** Crear mecanismos de integración que permitan el intercambio de datos con otros sistemas relevantes, como los utilizados por autoridades ambientales o de control sanitario

Requerimientos No Funcionales

Se incluye lo siguiente:

- **Escalabilidad y Desempeño:** La estructura debe tener la capacidad de llevar a cabo el manejo de gran cantidad de información y clientes sin que comprometa su desempeño, garantizando tiempos de respuesta adecuados.
- **Seguridad y Confiabilidad:** la estructura debe de tener herramientas para autenticar, autorizar y controlar de acceso asegurando la integridad y la fiabilidad de la información. Además, deberá ofrecer una alta disponibilidad y tolerancia a fallos.
- **Usabilidad y Accesibilidad:** Las interfaces que cuentan las personas deben ser intuitivas, fáciles de utilizar y accesibles a los diferentes perfiles de las personas, incluyendo aquellos con necesidades especiales.
- **Interoperabilidad:** El sistema debe ser capaz de intercambiar información y colaborar con otros sistemas relevantes en el ecosistema de administración de materiales hídricos y ambientales.
- **Portabilidad y Adaptabilidad:** El sistema debe ser diseñado de manera que pueda ser desplegado en diferentes plataformas y entornos tecnológicos, sin requerir cambios sustanciales en su estructura.

- **Mantenibilidad y Extensibilidad:** El diseño del sistema debe facilitar el mantenimiento, la actualización y la incorporación de nuevas funcionalidades en el transcurso de los períodos de tiempo, en contestación a los requerimientos modificables de los usuarios y la evolución normativa.
- **Eficiencia Energética:** El sistema debe ser diseñado y configurado para minimizar el consumo energético de los recursos computacionales, en línea con los principios de sostenibilidad ambiental.

2.1.2.2. Componentes y librerías

Algunas de las principales librerías y componentes empleados en el desarrollo del sistema web son:

- **Angular Material:** Grupo de componentes de interfaces de los usuarios de alta calidad que siguen los principios del diseño de material, lo que permite crear una vivencia de cliente con coherencia y visualmente encantadora.
- **RxJS (Reactive Extensions for JavaScript):** Una librería que facilita la programación reactiva, permitiendo manejar flujos de datos asíncronos de manera eficiente.
- **Ngrx/Store:** Una implementación de la arquitectura Flux basada en Redux, que ayuda a gestionar el estado de la aplicación de forma predecible y escalable.
- **Leaflet.js:** Una librería de mapas de código abierto utilizada para visualizar la ubicación geográfica del tratamiento de plantas de aguas residuales.

- **Recharts:** Una librería de visualización de datos basada en React, empleada para crear gráficos y reportes de manera dinámica.
- **Papaparse:** Una librería diseñada para el procesamiento eficiente de archivos CSV, utilizada para la importación y exportación de datos en el sistema.

2.1.2.3. Patrones de diseño

El sistema web se ha diseñado siguiendo patrones de diseño probados, que contribuyen a la modularidad, escalabilidad y mantenibilidad del código. Algunos de los patrones aplicados incluyen:

- **Patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC):** Divide la lógica de empleo en tres elementos interrelacionados: el modelo (datos), la vista (interfaces del cliente) y el controlador (lógica de negocio).
- **Patrón Componente:** Encapsula la funcionalidad y la interfaz de usuario en unidades reutilizables, lo que da facilidades a que desarrolle y conserve el sistema.
- **Patrón Observador:** Implementa una comunicación asíncrona entre los diferentes componentes de la aplicación, mediante el uso de observables y suscriptores.
- **Patrón Inyección de Dependencias:** Permite desacoplar los elementos de empleo y facilitar su testeo y sustitución, a través de la inyección de dependencias en lugar de la creación directa de objetos.

2.1.2.4. Diseño de base de datos

El diseñar la base de datos de la estructura web para la administración de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el ámbito peruano, se basa en un modelo relacional, implementado en la estructura de administración de base de datos PostgreSQL.

El modelo incluye las siguientes entidades principales:

- **Plantas de Tratamiento:** Almacena la información del tratamiento de las plantas de aguas residuales, como ubicación, capacidad, procesos, entre otros.
- **Parámetros de Tratamiento:** Registra las mediciones de los indicadores clave del tratamiento de aguas, como caudal, DBO, DQO, sólidos suspendidos, etc.
- **Emisiones de GEI:** Contiene los datos necesarios para el cálculo de emisión de gases de consecuencias invernaderos generadas durante el trato de aguas residuales.
- **Generación y Disposición de Lodos:** Lleva el registro de la producción, tratamientos y disposiciones finales de los lodos provenientes del tratamiento de plantas.
- **Usuarios y Roles:** Gestiona las informaciones de los clientes de la estructura y sus permisos de acceso a las diferentes funcionalidades.

2.1.2.5. Modelado de Datos

Se ha empleado la herramienta StarUML, que permite diseñar diagramas de entidad-relación (ERD) y diagramas de clases, facilitando la visualización y comprensión del sistema de base de datos.

- **Diagrama ERD** representa las entidades y las relaciones entre ellas, proporcionando una visión clara de cómo se organizan y conectan los datos en el sistema.

- Por otro lado, el **diagrama de clases** refleja la estructura orientada a objetos del sistema, detallando las propiedades y métodos asociados a cada clase, lo que ayuda a entender la lógica y funcionalidad del software desde una perspectiva de programación.

Ambos diagramas son fundamentales para garantizar un diseño coherente y eficiente de la base de datos y la arquitectura de la estructura.

2.1.2.6. Gestión de Datos

La gestión de datos en la estructura web se realiza a través de las siguientes estrategias:

- **Normalización:** Se aplican las reglas de normalización de bases de datos con el fin de eliminar la redundancia y garantizar la integridad de la información.
- **Transaccionalidad:** Se utiliza el soporte de transacciones ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad) de PostgreSQL, asegura la integridad de las operaciones de actualización, inserción y eliminación de datos.
- **Indexación:** Se crean índices en los campos más consultados, como los parámetros de tratamiento y las emisiones de GEI, para la mejorar del desempeño de consulta.
- **Particionamiento:** En caso de que el volumen de datos crezca significativamente, se evaluará la posibilidad de implementar un particionamiento horizontal de las tablas más grandes, para mejorar la escalabilidad del sistema.
- **Backups y Recuperación:** Se establecen procedimientos de respaldo y recuperación de la base de datos, que garanticen, integridad y disponibilidad de la información en caso de fallos o incidentes.

2.1.2.7. Metodología de Desarrollo

Metodología Ágil Seleccionada

Para el desarrollo del sistema web, se ha seleccionado la metodología ágil Scrum, que se caracteriza por su enfoque iterativo, adaptable y centrado en el equipo (Schwaber y Sutherland, 2020).

Scrum permite responder de manera rápida a los cambios en los requisitos, además de fomentar la colaboración y mejorar continuamente durante el procedimiento de desarrollo.

Fases de Desarrollo

Se divide en las fases siguientes, de acuerdo con el método SCRUM:

- **Planificación:** Esta etapa, ayuda a la definición de objetivos, las historias de usuario, las necesidades no funcionales y funcionales, y se establece el backlog del producto.
- **Diseño y Arquitectura:** Se diseña lo relacionado al sistema, se incluye el sistema de base de datos, la definición de los módulos y componentes, y los patrones de diseño a implementar.
- **Desarrollo de Sprints:** El equipo de desarrollo lleva a cabo iteraciones (sprints) de 2 a 4 semanas, en las que se implementan y entregan incrementos funcionales del sistema.
- **Integración y Pruebas:** Durante cada sprint, se realiza prueba unitaria, para integrar aceptar, y garantizar la calidad del software.
- **Despliegue y Monitorización:** Una vez completado el crecimiento, la estructura web se despliega en el entorno productivo y se monitoriza su rendimiento y estabilidad.
- **Mantenimiento y Evolución:** Después del despliegue inicial, el equipo de desarrollo continúa brindando soporte, actualizaciones y mejoras al sistema, en contestación a los requerimientos cambiantes de los clientes.

Control de Versiones

Para el control de versiones del código fuente, se utiliza la herramienta Git, alojada en un repositorio remoto como GitHub. Esto permite el trabajo colaborativo del equipo de desarrollo, la gestión de ramas y fusiones, y el registro histórico de los cambios realizados.

Pruebas y Validación

A lo largo del proceso de desarrollo, se considera diferentes clases de pruebas para garantizar la calidad del sistema web:

- **Pruebas Unitarias:** Se utilizan frameworks de pruebas unitarias, como Jasmine y Karma, para la verificación del funcionamiento correcto de los elementos y servicios de forma aislada.
- **Pruebas de Integración:** Se valida las interacciones en los distintos módulos y elementos del sistema, asegurando que la integración entre ellos sea correcta.
- **Pruebas de Aceptación:** Se realizan pruebas que validan el cumplimiento de las necesidades no funcionales y funcionales, de acuerdo con el historial del cliente definido.
- **Pruebas de Rendimiento y Carga:** Se evalúa el rendimiento y la escalabilidad del sistema web, sometiendo a la aplicación a diferentes cargas de trabajo y escenarios de uso.
- **Pruebas de Seguridad:** Se llevan a cabo pruebas de penetración y de validación de los mecanismos de autenticación, autorización y protección de la información.
- **Pruebas de Usabilidad:** Se realiza la evaluación de las interfaces del cliente y las experiencias del cliente, para asegurar que el sistema web sea fácil de usar y cumpla con los estándares de accesibilidad.

2.1.2.8. Elementos del sistema web

En este contexto, es importante considerar todos los elementos que contribuyen en general al desarrollo de un sistema web y así mismo los elementos que se usaron específicamente en el desarrollo de la investigación.

2.1.2.9. Framework.

Al traducir al castellano, "framework" es "**marco de trabajo**". En base a ello, podemos definir como un modelo empleado en el ámbito de la tecnología que proporciona mecanismos para desarrollar o implementar aplicaciones nuevas. Estos marcos de trabajo permiten mantener un orden específico y preciso durante la creación de aplicaciones, facilitando la estructuración del código, la reutilización de componentes y la estandarización de procesos. En esencia, un framework sirve como una base sólida que agiliza el desarrollo de software y asegura buenas prácticas de programación.

Para su empleo el framework de acuerdo con (Vazques, 2020):

- Hacer el Impedimento que los usuarios anoten el código desde cero, si no que se vuelva a usar, uno hecho previamente, por ejemplo, la accesibilidad a la base de datos.
- Ayuda a emplear MVC (Modelo Vista Controlador) para que exista la lógica de negocios optimizando las interfaces de los clientes.
- Un framework ayuda al trabajo con facilidad y seguridad hasta se puede tener el aprendizaje de cosas desconocidas.
- Al utilizar el framework será el uso con rapidez, con limpieza y sencillez. (p. 58)

La arquitectura del sistema web basado en Angular se compone de los siguientes elementos principales:

- **Módulos:** Agrupan los componentes, servicios y rutas relacionados, lo que facilita la organización y la carga bajo demanda de la aplicación.

- **Servicios:** Encapsulan la lógica de negocio y las interacciones con servicios externos, como la API del servidor backend.
- **Componentes:** Representan las unidades de interfaz de usuario, responsables de la presentación y la interacción con el usuario.
- **Directivas:** Personalizan el comportamiento de los elementos HTML, ampliando sus funcionalidades.
- **Enrutamiento:** Maneja la navegación entre las diferentes vistas de la aplicación, utilizando rutas y guards.
- **Estado de la Aplicación:** Utiliza la librería NgRx/Store para la gestión centralizada del estado de la aplicación, siguiendo el patrón de arquitectura Flux.

Esta arquitectura modular y orientada a componentes permite un desarrollo ágil, una mejor organización del código y una mayor escalabilidad del sistema web.

2.1.2.10. Servidor Web.

Según Gillis (2021) es un software y hardware que emplea el HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y otra clase de protocolos para dar respuesta a las solicitudes realizadas por los usuarios por medio de la World Wide Web. El cliente recibe un código compilado y ejecutado por un navegador web, utilizando el protocolo HTTP mencionado anteriormente.

2.1.2.11. Sitio Web.

Se puede definir como un conjunto de páginas web que se juntan y generalmente tienen conexión de distintas formas. Dependiendo de la complejidad del proyecto, este puede dividirse en varias secciones, denominadas módulos, donde cada usuario puede acceder a información según su rol. De acuerdo con el rol que desempeñe en la empresa, al usuario se le mostrarán gráficos que representarán información de manera digital en la pantalla de su ordenador. (GoDaddy, 2019).

A. World Wide Web.

Según la definición de Nuñez (2021), "el WWW (World Wide Web) son las páginas que se pueden ver cuando te conectas a internet del dispositivo que fuese. De esta manera, se diferencia la WWW de Internet, términos que hoy en día se usan indistintamente".

B. HTML.

Según Casado (2019), "Hypertext Markup Language (HTML) es aquel que posee una comunicación muy sencilla que describe hipertexto, es decir, es el que permite que se presente el texto de manera agradable y estructurada, con links que llevan a diferentes documentos".

El objetivo de HTML, definido por Mera et al. (2020), es que es el sistema que posee una página web su base son los bloques de marcado de HTML, los que se representan por etiquetas, en la que cada lugar en la web emplea HTML para la construcción correspondiente del lugar web.

C. URL.

Según MDN Contributors (2022), es una orientación al que se le asigna a un único recurso en la Web". Esto significa que el URL se dirige a un material específico en la web. En este caso, la dirección utilizada es una IP proporcionada por el servidor de AWS contratado, la cual apunta a un archivo compilado. Esta sería nuestra URL, donde el cliente podrá realizar las consultas necesarias relacionadas con el proyecto para el apoyo al momento de tomar decisiones.

D. PostgreSQL.

Según el sitio oficial de PostgreSQL Global Development Group (2025), PostgreSQL es una estructura de administración de bases de datos objeto-asociación que tiene un código fuente libremente disponible. Es uno de los sistemas de gestión de bases de datos que cuenta con código abierto que es el de mayor potencia en el mercado. Dado el alcance del proyecto, PostgreSQL se adapta perfectamente a las necesidades requeridas por los usuarios.

PostgreSQL emplea un modelo servidor/cliente y usa procesos múltiples en vez de hilos múltiples para asegurar un sistema estable. El error en uno de los procedimientos no tendrá efectos en el resto, y la estructura seguirá operando. Esta característica lo hace lo suficientemente robusto para los usuarios, ya que se ingresarán datos de manera simultánea desde todas las localidades del Perú.

Sus características:

- Base de datos ACID
- Referencial integrity
- Espacios de tabla
- Transacciones anidadas (puntos de restauración)
- Réplica sincrónica/asincrónica / replicación en flujo – modo de espera activo
- Compromiso en dos fases
- PITR – punto en tiempo de recuperación
- Hot backups (en línea/copias de seguridad caliente)
- Unicode
- International character sets ensure
- Regionalizaciones por columnas
- Multi-Version Concurrency Control (MVCC)
- Métodos múltiples de autenticación
- Accesos encriptados vía SSL
- Actualizaciones in-situ integradas (pg_upgrade)

E. PgAdmin.

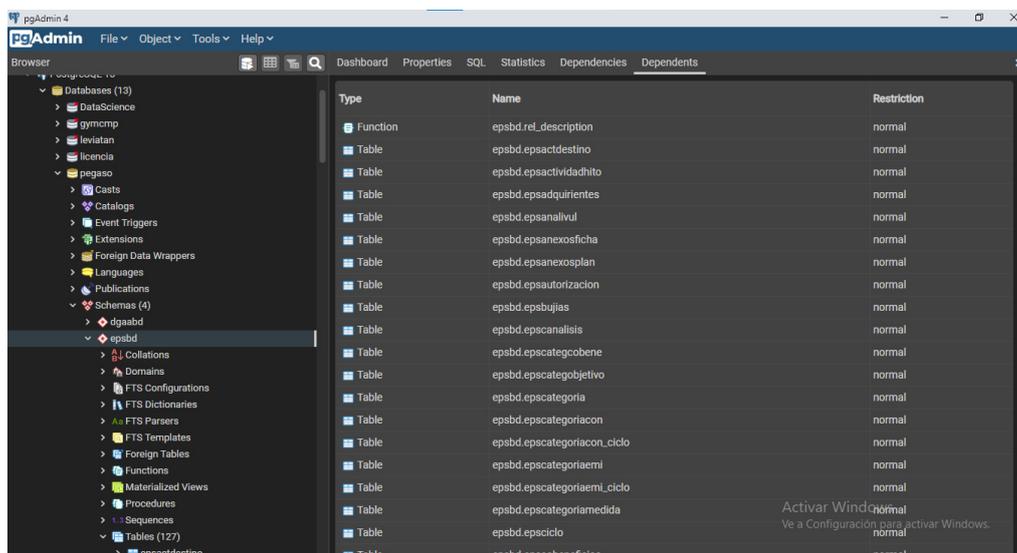
Esta es un mecanismo que ayuda a la manipulación del diccionario de datos de forma más sencilla.

PgAdmin es una plataforma de desarrollo y administración de código abierto muy popular y rico en operaciones para PostgreSQL, es la base de datos de código abierto con mayor desarrollo a nivel mundial. Puede ser usado en macOS, Windows, Unix, Linux para gestionar PostgreSQL y EDB Advanced Server 10 y superior (pgAdmin Group, 2025).

En la figura 1 se puede ver, el pgAdmin se usa para manipular las diversas tablas que se requiera en el proyecto. Asimismo, se pueden manejar esquemas que nos permitirá ordenar de una mejor manera los distintos módulos que pueda tener el proyecto.

Figura 1

PgAdmin, interfaz gráfica de la base de datos PostgreSQL



Nota. Elaboración propia

F. PostGIS.

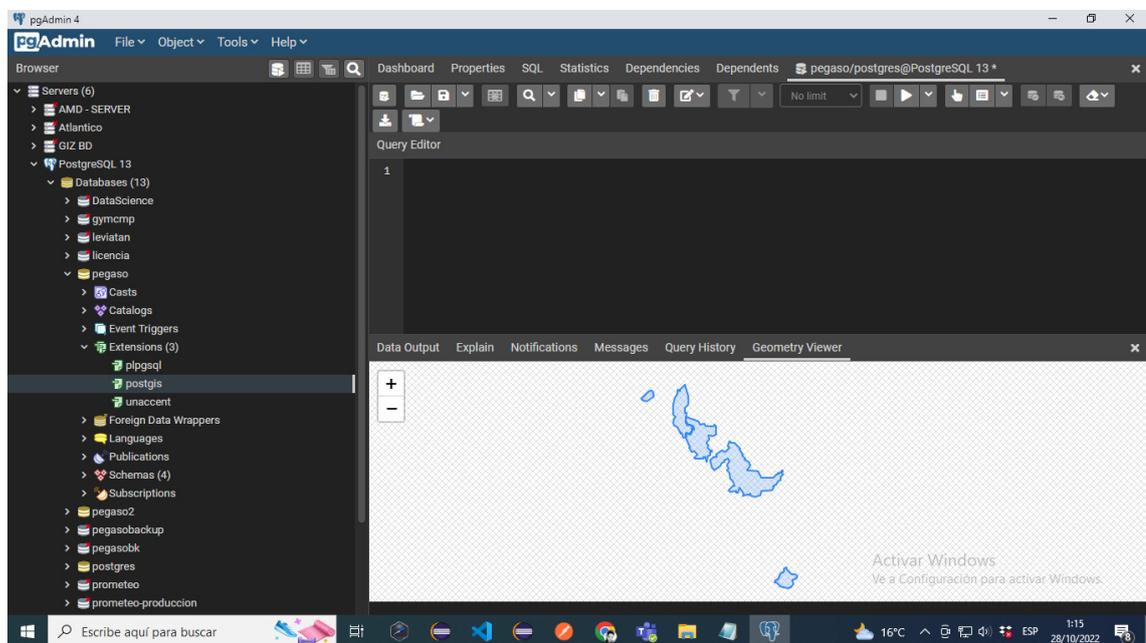
Esta herramienta nos permitirá manejar la base de datos con mayor sencillez. Sin embargo, para el uso de datos espaciales en PostgreSQL, es necesaria una extensión específica.

PostGIS es una extensión de PostgreSQL que permite utilizar tipos, funciones e índices espaciales. De esta manera, se combina la potencia de la original base de datos con la flexibilidad de estas herramientas, incorporando casi todas las funcionalidades que ofrecen otras alternativas, pero de forma nativa (Acebes-Cabrera, 2019).

Como se mencionó anteriormente, es necesario trabajar con datos espaciales, lo que implica manejar tanto puntos de coordenadas como conjuntos de puntos de coordenadas de tipo geometry. Este tipo de dato facilita la ubicación geográfica y ayuda a tomar decisiones en el interior de la institución. Como se muestra en la figura 2, PostGIS simplifica el análisis de conjuntos de puntos de coordenadas, permitiendo una interpretación más clara y eficiente de la información espacial.

Figura 2

Extensión del PostgreSQL, PostGis orientado a los datos espaciales.



Nota. Elaboración propia

G. Visual Studio Code.

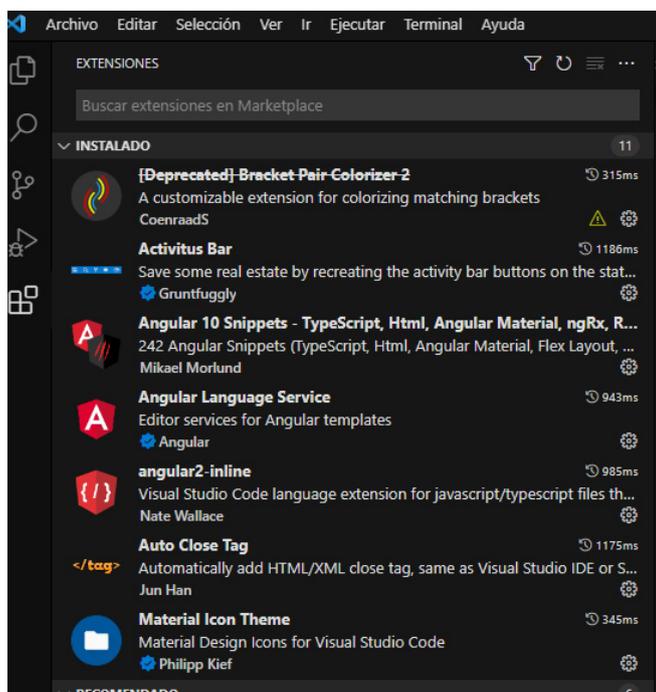
VS Code es un código para editar fuentes realizado por Microsoft. Es un software multiplataforma y libre, tiene la disponibilidad en Windows, GNU/Linux y macOS” (Cimas, 2022).

Adicionalmente, VS Code posee una integración buena con Git, permitiéndonos extender el flujo de trabajo y de esta forma agilizar las tareas. Además, como se muestra en la

figura 3, VS Code brinda diferentes extensiones que ayudan a codificar y tener un código más rápido y limpio.

Figura 3

Extensiones de VS Code instaladas para el proyecto



Nota. Elaboración propia

H. Angular.

Angular es un potente framework de progreso web cimentado en JavaScript y mantenido por Google. Está diseñado para crear aplicaciones web modernas y dinámicas, permitiendo a los desarrolladores construir interfaces de usuario interactivas y escalables.

Angular es una plataforma de progreso hecha acerca del TypeScript. Es un framework centrado en elementos que dan facilidad a crear empleos escalables web. En ella se encuentra bibliotecas muy completas que tienen gran diversidad de funciones, como enrutamiento, administración de formularios, enrutamiento, interrelación entre servidor cliente y otros. Además, ofrece un conglomerado de mecanismos ayudan al desarrollo, compilación, prueba y actualización del código fuente del empleo de manera eficiente (Gonçalves, 2021).

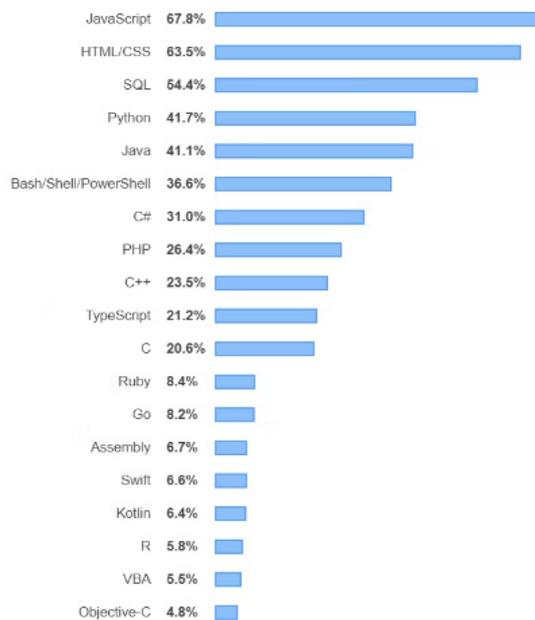
I. TypeScript.

Según Machuca (2022) es un lenguaje pasado a JavaScript, el cual hace la traducción y con anterioridad al empleo en un navegador. Esto no quiere decir que es un reemplazo, sino que sirve de complementación, haciendo que se use el código nuevo de TypeScript y el lenguaje que ya se conoce de JavaScript.

Este lenguaje de programación permite usar las funcionalidades del JavaScript mitigando las limitaciones que tiene, así se podrá tener un código más limpio. Además, como se observa en la figura 4, TypeScript es considerado uno de los mejores lenguajes de programación.

Figura 4

Programming, Scripting and Markup Languages Ranking



Nota. StackOverflow

J. Eclipse.

Según Cornejo (2014) es una programación informática conformada por un grupo de mecanismos para programar con código abierto multiplataforma para realizar lo que llama el

proyecto “Aplicaciones de Cliente Enriquecido”, contrario a los usos “Cliente-liviano” cimentados en navegadores.

Eclipse proporciona entorno de trabajo completo para programadores, ofreciendo soporte para múltiples lenguajes para programar, incluyendo Java, C/C++, Python, PHP, y más. Además, es altamente personalizable, permitiendo a los desarrolladores adaptar el IDE a sus necesidades específicas a través de la instalación de plugins y extensiones.

Esta arquitectura que Eclipse nos brinda mejora la productividad del equipo de programadores al optimizar los procesos de integración. Esta herramienta nos facilita también la creación de los archivos WAR (Web Archives) las cuales pueden ser subidas al servidor para luego consumir las APIS creadas en este entorno de Java.

K. Java.

De acuerdo con (Oracle, 2025) “es un lenguaje para programar de objetivo enfocado a materiales (más sobre el paradigma orientado a objetos). JAVA se comercializó como plataforma en 1995 por la empresa Sun Microsystems, la que adquirió a través de Oracle en 2010”.

Está enfocado a objetos que permiten la creación de APIS que luego serán subidos al servidor en una extensión .WAR (Web Archives), para luego consumir los servicios en el front-end.

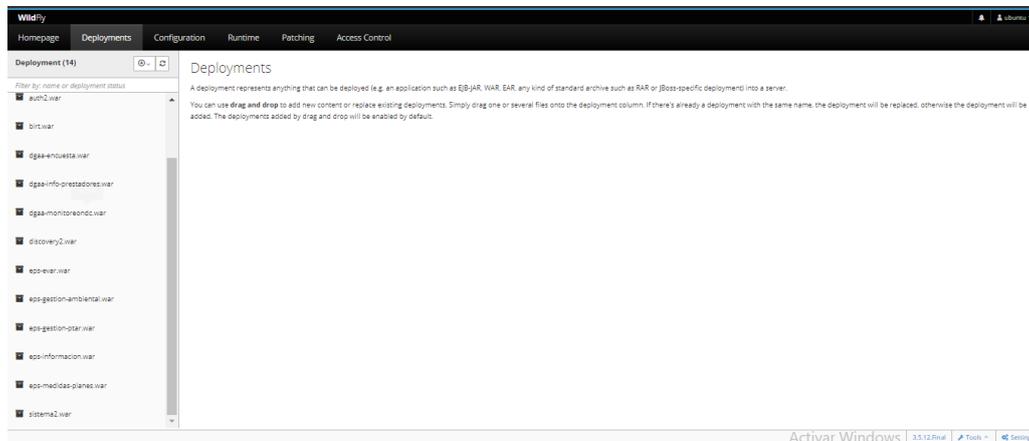
L. Web Archives.

De acuerdo con International Business Machines Corporation (IBM, 2021) es un uso Web empaquetado que tiene sentido de exportación para probar, publicar y desplegar los recursos desarrollados en un proyecto Web.

El uso de WAR nos permitirá subir nuestro código fuente empaquetado a un servidor como se muestra en la figura 5, al cual podemos apuntar desde nuestro front para consumir los servicios de las APIS creadas.

Figura 5

Servidor Web donde se almacenan los archivos WAR



Nota. Elaboración propia

M. Postman.

Cuervo (2019) señala lo siguiente:

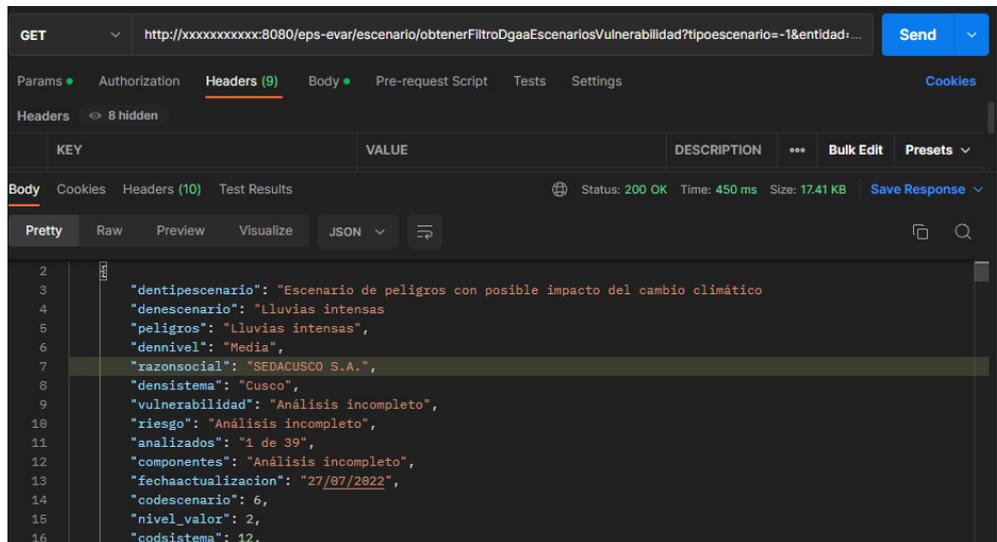
Postman surge como una herramienta que permite crear y gestionar peticiones sobre APIs de manera sencilla y potente, facilitando así la realización de pruebas en APIs. Esta solución se desarrolló originalmente como una extensión para Google Chrome. El principal usuario de Postman puede ser una persona desarrolladora que prueba las funciones de una API para su desarrollo, o bien una persona operadora que realiza actividades de monitoreo sobre una API. (p. 10)

Postman es una herramienta popular utilizada en el desarrollo de APIs (Interfaz de Programación de Aplicación) y pruebas de servicios web. Proporciona entorno laboral completo para diseñar, probar, depurar y documentar APIs de manera eficiente.

En la figura 6 se observa cómo, apuntando a una IP pública donde se aloja el servidor, se trae los datos de la base de datos en un formato JSON, de esta manera se sabe la estructura del resultado de la petición y poder manipularla según las necesidades del cliente.

Figura 6

Petición en Postman apuntando a una IP pública



Nota. Elaboración propia

N. Amazon Web Services.

Según Gimenez (2020) AWS nos provee en la nube los servicios en la nube que ayuda a la disposición de almacenar, materiales de computación, usos móviles, bases de datos, etc. y pagar solamente lo que ocupamos, es decir pagar por el uso que le demos.

Este servicio permite subir los recursos necesarios para el despliegue correcto del sistema web. Optimizando así los costos y la potencia del servidor, con la finalidad de la mejora la efectividad de la estructura web.

O. Cloud computing.

De acuerdo con Red Hat (2018), el cloud computing es la ejecución de las cargas de trabajo en las nubes, las cuales son entornos de TI que extraen, agrupan y comparten recursos flexibles en una red. Más que todo una acción cuya función es realizar una determinada carga de trabajo en la nube, que son medios en los que se procesan las aplicaciones web.

Dada a su gran flexibilidad de esta tecnología, encaja perfectamente para el proyecto. Si bien se manejara a nivel nacional, no siempre se requerirá de la máxima potencia del servidor en la nube, entonces se podrá ir adaptando según las necesidades y pagar por el uso.

P. Base de datos relacional.

De acuerdo con Rouse (2021), es un conjunto de componentes de información organizada en un grupo de tablas descritas formalmente desde la cual se puede tener acceso a la información o montarlos de nuevo de distintas formas sin volver a organizar las tablas de la base.

Debido a la magnitud del proyecto y los cambios en el tiempo que se puedan dar, se optara por una base de datos relacional debido a su sencillez del modelo relacional, permitiendo hacer cambios en la estructura de una manera más rápida. Además, nos permite manejar grandes cantidades de datos con puntos relacionados entre sí, gestionando así de forma segura y de un modo uniforme.

Q. GitHub.

GitHub es un mecanismo que ayuda a albergar nuestros planes en la nube. Nos permite trabajar en conjunto con distintas personas un mismo proyecto, pudiendo manejar versiones del repositorio y un historial donde nos permite ver los cambios hechos por cada usuario. Debido a la complejidad del proyecto, esta herramienta será muy útil para poder avanzar en conjunto de una manera más eficiente y segura, teniendo siempre una copia y un mayor control.

R. APIS.

Son mecanismos que nos permiten la comunicación entre dos softwares. Las cuales se usarán en el proyecto para lograr conectar la interfaz de administración de información con la base de datos del proyecto. Se podrá ingresar, crear, borrar y actualizar la información de la base de datos alojada en el AWS servidor evitando que el usuario tenga acceso total a todos los datos de la organización.

S. HTML.

El HTML nos permite hacer la estructura de nuestro proyecto. Este lenguaje de marcado incluye la gran cantidad de páginas web y usos on line. Este lenguaje es un conjunto de marcas que dirigen a los servidores web el sistema y el modo de un documento.

Según Gustavo (2025) los desarrolladores emplean código HTML para el diseño de la manera que el navegador demuestra los componentes de la página web, como son: los archivos multimedia, texto, hipervínculos.

T. CSS.

Castaing Style Sets (CSS), cuyo significado es “hojas de estilo en cascada”, sirve para brindar un modelo a los componentes escritos en un lenguaje de marcado. Por tal razón, el proyecto también contará con esta tecnología, dando una mejor presencia al aplicativo web, generando una mejor vista para el usuario final.

U. Diagrama de clases.

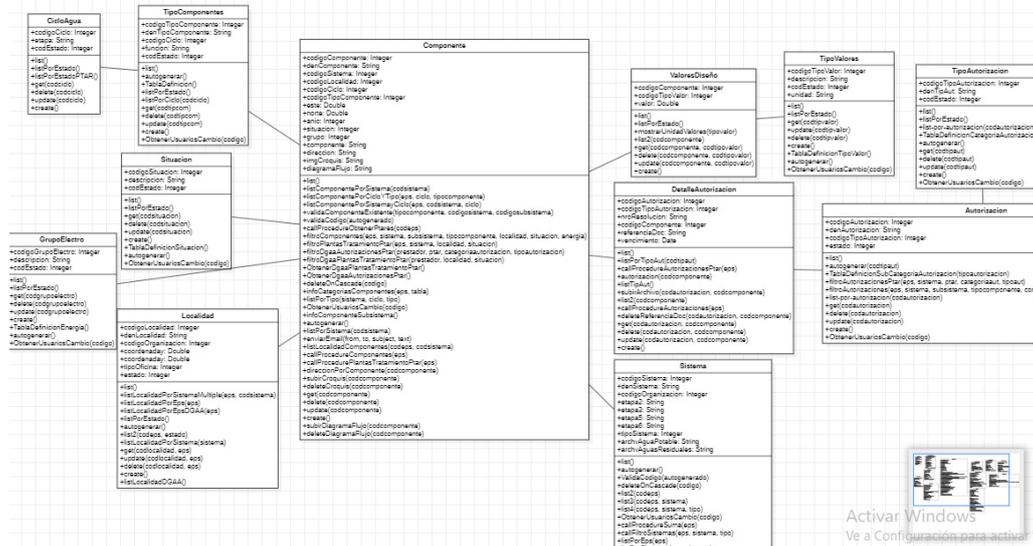
Permite a los programadores futuros, tener una comprensión más clara del proyecto, facilitando el entendimiento de la arquitectura del aplicativo. Este diagrama que traza claramente la configuración de una estructura concreta, modelando los salones de clase y sus atributos que lo conforman, además de las operaciones y relaciones entre los objetos.

En la figura 7, el diagrama de clases nos permite visualizar cómo se conectan las tablas necesarias para que la Entidad Prestadora de Saneamiento pueda ingresar su tratamiento de plantas de aguas residuales a la estructura de administración de información.

Una herramienta que nos permite modelar esta clase de diagramas es el StarUML. Modelando de una manera sencilla todas las clases y sus atributos que le corresponden, además de poder colocarlos en secciones que, debido a la magnitud del proyecto, fue necesario subdividirlo para que no genere confusión entre los usuarios.

Figura 7

Diagrama de clases de la sección de registro de plantas de tratamiento de aguas residuales



Nota. Elaboración propia

V. Diagrama Entidad Relación.

Es conocido también como modelo ERD, es un diagrama de flujo que demuestra que las instituciones se asocian entre sí en una estructura. Esta clase de diagrama se usa para modelar las bases de datos que usarán los diferentes proyectos.

Como se observa en la figura 8, es un ejemplo del modelado ERD de la sección de Generación de Residuos, donde el usuario podrá registrar los Vertimientos correspondientes a los distintos tratamientos de plantas de aguas residuales ubicadas en las distintas localidades del Perú.

Para modelar el diagrama ERD, se utilizó la herramienta StarUML, que nos permite modelar, con una extensión gratuita del mismo software, de una manera fácil y rápida. Además de poder dividirlo por secciones.

imágenes o páginas web. El servidor, a su vez, responde a esas solicitudes proporcionando los recursos solicitados.

Una de las características clave de HTTP es su naturaleza sin estado, lo que se explica que al hacer la solicitud es de forma no dependiente, sin guardar información sobre anteriores solicitudes. Sin embargo, para mantener el estado de una sesión, HTTP utiliza cookies y otros mecanismos como los encabezados de solicitud y respuesta.

Y. Interfaz de usuario (UI).

Es un componente fundamental para diseñar y desarrollar aplicaciones y sistemas interactivos. Tiene que ver con la manera que los clientes hacen sus interacciones con productos o sistemas a través de elementos visuales, como botones, formularios, menús y otros elementos gráficos.

La interfaz de usuario tiene como objetivo principal proporcionar una experiencia de uso intuitiva, eficiente y atractiva para los usuarios. Esto implica diseñar y organizar los elementos de la interfaz de manera que sean fáciles de entender y utilizar, permitiendo a los usuarios interactuar de forma fluida con la aplicación o sistema.

El diseño del interfaz del cliente se basa en principios de usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario (UX). Esto implica considerar factores como la disposición visual de los elementos, la legibilidad del texto, la consistencia en la apariencia y el comportamiento, así como la respuesta y retroalimentación proporcionada al usuario.

Además de los aspectos visuales, la interfaz del cliente también incluye la lógica y la interacción detrás de los elementos visuales. Esto implica determinar cómo responderá el sistema a las acciones del usuario, cómo se realizarán las transiciones y cómo se presentará la información relevante.

Z. Experiencia de Usuario (UX).

Tiene que ver con las percepciones y respuestas emocionales de los usuarios al hacer la interacción ya sea con un servicio, producto o estructura. En el contexto de diseño y desarrollo de interfaces, se orienta en proporcionar una vivencia satisfactoria, efectiva y agradable para los clientes.

La UX abarca varios aspectos, incluyendo la usabilidad, la accesibilidad, la estética visual, la interacción intuitiva y la respuesta del sistema. El objetivo principal es comprender los requerimientos, expectativas y comportamientos de los clientes, y el diseño de soluciones que los agraden de forma óptima.

Para lograr una buena experiencia de usuario, es importante realizar una investigación profunda sobre los usuarios objetivo, sus objetivos y tareas, así como sus limitaciones y preferencias. Esto implica realizar pruebas de usabilidad, entrevistas, y otros métodos de investigación para obtener información relevante.

El diseño basado en el cliente es una orientación clave en la UX. Esto implica involucrar a los usuarios en todo el procedimiento de diseñar, partiendo de la fase de conceptualización y llegando a la implementación y evaluación. Se utilizan técnicas como la creación de personajes, los mapas de experiencia y los prototipos interactivos para iterar y refinar el diseño basado en el feedback de los usuarios.

AA. Mantenimiento y escalabilidad.

El mantenimiento y la escalabilidad de sistemas web son aspectos críticos en el desarrollo y funcionamiento continuo de aplicaciones web. El mantenimiento se refiere a las tareas hechas para asegurar el funcionamiento correcto, la corrección de errores, la mejora y la actualización de un sistema web una vez que ha sido implementado. Por otro lado, la escalabilidad se refiere a la cabida de una estructura web para la adaptación y crecimiento

eficientemente en respuesta a las demandas cambiantes, tanto en términos de carga de usuarios como de requisitos de funcionalidad.

El mantenimiento de un sistema web implica realizar acciones como corregir fallas, el uso de actualizaciones y parches de seguridad, la mejora del desempeño, la gestión de la base de datos y la solución de problemas. Esto asegura que el sistema funcione de manera estable, segura y eficiente a lo largo del tiempo. Además, el mantenimiento también puede incluir mejoras y actualizaciones para agregar nuevas características, mejorar la usabilidad y mantenerse al día con los avances tecnológicos.

La escalabilidad de un sistema web se refiere a su capacidad para manejar eficientemente un aumento en el número de usuarios, el volumen de datos y las transacciones sin comprometer el rendimiento y la disponibilidad. Esto implica diseñar e implementar el sistema de manera que se adapte y crezca de acuerdo con los requerimientos de cambio. Se pueden utilizar técnicas como la replicación de servidores, la implementación de sistemas de caché, la partición de datos y el uso de arquitecturas escalables para garantizar que el sistema pueda manejar una mayor carga sin problemas.

BB. Seguridad y autenticación.

La seguridad y autenticación en sistemas web son aspectos críticos para proteger la información y garantizar la integridad de los datos en las aplicaciones y servicios en línea. La seguridad se refiere a la protección de la información contra amenazas externas y el aseguramiento de que solamente los clientes que cuentan con la autorización tengan acceso a los materiales del sistema. La autenticación, por su parte, se centra en la verificación de la identidad de los clientes y asegurar que solamente los que tienen credencial válida pueden tener acceso a la aplicación o servicio.

2.1.3. Información

Es un grupo organizado de información procesada, que componen un mensaje sobre una entidad o fenómeno determinado. El proceso de su creación implica recopilar y procesar datos información en un formato que tiene significado, relevancia y propósito en un contexto específico.

La información evoluciona y se transforma, así como la humanidad. Si anteriormente la transmisión era por intermedio de escritos, comunicados, en la que contados tenían el acceso a ella, por ejemplo, las bibliotecas de los monasterios de la Edad Media, todo esto se ha modificado, de forma especial con la aparición de los medios tecnológicos y el internet (Peiró, 2020).

2.1.4. Importancia de la Información

En cualquier contexto radica en su capacidad de incidencia al tomar decisiones, estimular la comprensión y el conocimiento, y facilitar la comunicación y la colaboración.

De acuerdo con Moreno y Dueñas (2018) la relevancia de los datos va en avance en la administración de las instituciones, y cuyos fines básicos, es conservarse y permanecer en el mercado.

2.1.5. Toma de decisiones

Es el procedimiento cognitivo complejo de selección de una materia de acción entre varias alternativas. Cada decisión produce un resultado final que puede influir en las acciones individuales, grupales u organizacionales.

Se considera como un procedimiento esencial que determina la dirección y el éxito de una organización. Esto puede implicar decisiones estratégicas, decisiones tácticas y decisiones operativas.

En las instituciones, tomar decisiones es un procedimiento de actividades a ejecutar y hacer, en la que cada dificultad o circunstancia tiene impacto de manera directa, positiva o negativa en el progreso de las instituciones, debido al gran número de procedimientos y operaciones que ejecuta, de hecho en las decisiones no solamente son responsables los individuos que las toman, sino todo el grupo de trabajo que las realizan, las decisiones traen con ellos un conjunto de hallazgos, que reflejan en la institución para que sea competitiva y activa en el mercado (Losada, 2019).

2.1.6. Gestión de la Información

Es el procedimiento integral que involucra varias etapas fundamentales para la gestión efectiva de la información dentro de una organización o sistema. Esta función crítica apoya a tomar decisiones, rendimiento y competitividad de la institución (Moreno y Dueñas, 2018).

Las principales etapas de la gestión de la información son:

1. Recolección de Información:

- Identificación de fuentes relevantes de información, tanto internas como externas (Losada, 2019).
- Adquisición y captura de datos e información a través de diversos medios (digitales, físicos, sensores, etc.) (Moreno y Dueñas, 2018).
- Establecimiento de procesos estandarizados para la recopilación sistemática de información (Losada, 2019).

2. Organización y Almacenamiento de Información:

- Diseño estructuras de información y sistemas de gestión de información (bases de datos, repositorios, etc.) (Moreno y Dueñas, 2018).
- Categorización y clasificación de la información para facilitar su recuperación y uso (Losada, 2019).

- Implementación de sistemas de administración de contenidos y gestión documental (Moreno y Dueñas, 2018).

3. Preservación de Información:

- Creación de copias de seguridad y respaldos de la información (Losada, 2019).
- Implementación de medidas de protección contra pérdida, daño o corrupción de la información (Moreno y Dueñas, 2018).
- Cumplimiento de normativas y regulaciones para la retención y disposición de información (Losada, 2019).

4. Recuperación de Información:

- Desarrollar motores de búsqueda y sistemas de recuperación de datos (Moreno y Dueñas, 2018).
- Diseño de interfaces y herramientas que hagan que los clientes accedan y consulten la información de manera ágil y eficiente (Losada, 2019).
- Implementación de métodos avanzados de búsqueda y filtrado de información (Moreno y Dueñas, 2018).

5. Análisis de Información:

- Aplicación de técnicas de análisis de información, información minera y análisis de inteligencia de negocios (Losada, 2019).
- Generación de informes, tableros de control y visualizaciones que permitan extraer conocimiento y generar insights a partir de la información (Moreno y Dueñas, 2018).
- Incorporación de medios tecnológicos emergentes como la artificial intelligence y el machine learning con el fin de potenciar el análisis de información (Losada, 2019).

6. Difusión de Información:

- Diseñar y desarrollar estructuras de reporte y distribuir la información (Moreno y Dueñas, 2018).
- Implementación de canales de comunicación como intranets, portales web y herramientas de colaboración (Losada, 2019).
- Aseguramiento de que la información llegue a las partes interesadas adecuadas en el momento oportuno (Moreno y Dueñas, 2018).

7. Seguridad de Información:

- Aplicación de controles de acceso, autenticación y autorización para proteger la información (Losada, 2019).
- Implementación de medidas de cifrado, copias de seguridad y planes de recuperación ante desastres (Moreno y Dueñas, 2018).
- Cumplimiento de normativas y estándares de garantía de los datos (Losada, 2019).

La gestión de la información es un proceso cíclico y continuo, donde cada etapa se retroalimenta y permite optimizar el manejo de la información dentro de la organización. Un enfoque integral y estratégico en la gestión de la información es fundamental para respaldar la toma de decisiones, mejorar el rendimiento y mantener la competitividad de la organización (Moreno y Dueñas, 2018; Losada, 2019).

2.1.7. *Velocidad*

Es un tema crítico en la administración de la información, pues influye directamente en las vivencias de los clientes y efectividad de los procesos.

Según Echeverría (2016), los tiempos de respuesta rápidos mejoran la experiencia del usuario, ya que la gente prefiere navegar con fluidez y rapidez por un sitio web. Un sitio web

que carga lentamente puede ser frustrante y molesto para los usuarios, lo que puede tener un impacto negativo en la generación de ingresos y la captación de clientes.

Muñoz et al. (2018) plantean que la velocidad es uno de los principios teóricos fundamentales de la eficiencia en los sistemas de información. Desde esta perspectiva, la velocidad se refiere a la capacidad del sistema para reducir los tiempos de respuesta y las cargas en el sistema, lo cual incrementa la satisfacción del usuario y optimiza el rendimiento general.

Algunos aspectos clave relacionados con la velocidad en la gestión de la información incluyen:

- **Tiempos de Carga:** Minimizar los tiempos de carga de páginas web, informes y consultas de datos es fundamental para proporcionar una vivencia fluida a los usuarios (Echeverría, 2016).
- **Procesamientos en Tiempo Real:** capacidad de procesamiento y presentar información de manera instantánea o casi instantánea es crítica para tomar decisiones oportunas (Muñoz et al., 2018).
- **Escalabilidad:** Las estructuras de gestión de datos deben tener la capacidad de mantener su rendimiento y velocidad a medida que aumenta la carga de trabajo o el volumen de datos (Muñoz et al., 2018).
- **Optimización de Consultas:** El diseño eficiente de consultas y la indexación adecuada de información pueden tener mejora significativa de la velocidad de recuperación de información (Echeverría, 2016).
- **Caching y Almacenamiento en Memoria:** El uso de técnicas como el caching y el almacenamiento en memoria caché pueden reducir los tiempos de acceso a datos frecuentemente utilizados (Muñoz et al., 2018).

2.1.8. Capacidad

Muñoz et al. (2018) plantea que la gestión de la capacidad garantiza que todos los servicios de TI dispongan de los recursos necesarios (espacio de almacenamiento, capacidad de procesamiento, etc.) para satisfacer las necesidades de los clientes. Tiene dos objetivos principales:

- Asegurar que los materiales estén disponibles al momento que se necesiten con los costes previstos.
- Utilizar las capacidades de TI actuales y futuras para satisfacer los requisitos del negocio, comprendiendo.

Para lograrlo, la Gestión de la Capacidad debe:

- Mantenerse al día de los avances tecnológicos mediante la lectura de estos.
- Prever la capacidad necesaria basándose en el conocimiento de los planes de negocio y los acuerdos de nivel de servicio.
- Analizar el rendimiento de la infraestructura para determinar si la capacidad actual se utiliza eficazmente.
- Analizar y prever las necesidades de capacidad para diferentes posibilidades futuras.
- Dimensionar y alinear adecuadamente los servicios, las aplicaciones y la infraestructura con las necesidades reales de los procesos de negocio.
- Controlar la demanda de servicios de TI limitando su uso.

2.1.9. Disponibilidad

Capacidad de un sistema o recurso para estar accesible y operativo cuando se necesita. Este es uno de los tres componentes fundamentales del triángulo de seguridad de los datos, al igual que la confidencialidad y la integridad.

Garantiza que los clientes con autorización tengan acceso a los datos de los sistemas de información de manera oportuna y confiable, sin interrupciones innecesarias o prolongadas.

En un sistema web, por ejemplo, esto puede implicar un tiempo de funcionamiento del servidor cercano al 100%, respaldos de datos regulares para prevenir pérdidas de información, y medidas para la prevención y hacer frente a los ataques al denegar el servicio que podrían hacer que el sistema sea inaccesible.

La disponibilidad está de acuerdo a dos parámetros: frecuencia que se generan los errores y la velocidad con la que se realiza la corrección. El tiempo estar inactivo y que no se programa un equipo está en función de forma directa con la rapidez de reparación y restauración y tiempo de uso del apoyo logístico requerido para ejecutar estas tareas. (Gallegos et al., 2020)

Hay varias formas de implementar sistemas de alta disponibilidad, pero todas comparten las mismas características fundamentales. Estas incluyen:

- Tolerancia a fallos. Se trata de una característica esencial que permite que un sistema siga funcionando incluso después de que se haya dañado o comprometido de alguna manera. El medio de almacenamiento debe ser capaz de recuperarse automáticamente tras los cambios realizados por los datos defectuosos.
- Escalabilidad. El sistema debe ser capaz de crecer y ajustarse para acomodar cantidades crecientes de datos, así como un número creciente de usuarios.
- Fiabilidad. Tiene que ver con la capacidad del sistema para seguir funcionando incluso en instantes de estrés o de fallo. -Rendimiento. La estructura debe tener la capacidad de gestionar el alto volumen de solicitudes de datos de forma consistente para que las operaciones se desarrollen sin problemas y de forma eficiente.
- Además, existen diferentes tipos de aplicaciones y servicios de alta disponibilidad, como:

- Centros de datos y centros de recuperación de desastres.
- Replicación de datos en tiempo real.

2.1.10. Funcionalidad

La funcionalidad de un producto tiene que ver con la capacidad de un software para brindar un grupo funcional que brinde satisfacción a los requerimientos y expectativas explícitas o implícitas de los clientes. Se usa más a menudo para enfocarse de forma directa a los casos que lo aplican, pero su significado también puede ampliarse indirectamente aplicando el mismo principio en otros contextos. Evalúa lo que el producto puede hacer, si funciona correctamente y lo bien que encaja en un sistema más amplio (Melissa y Ramael, 2019)

Se pueden utilizar cinco categorías para agrupar aspectos de las funciones de un producto de software.

- **Adecuación:** La capacidad de un programa informático para permitir a los usuarios completar tareas específicas y alcanzar determinados objetivos.
- **Precisión:** es de qué manera el software es capaz de producir correctos resultados y lograr consecuencias predecibles dentro de parámetros aceptables.
- **Interoperabilidad:** es la manera capaz del del software para relacionarse con otros sistemas depende de cuántos y qué sistemas específicos deben conectarse.
- **Seguridad:** Se refiere al software que está diseñado para que los individuos que no están autorizados no puedan ingresar al sistema, ya sea para leer o cambiar la información
- **Aprobación en las funciones:** Es decir el software se ajuste a las normas y procedimientos relacionados con el análisis y la construcción.

2.1.11. Integridad

Esto quiere decir, que no se produjo ningún cambio en los datos, independientemente de que haya habido un accidente o un intento malicioso.

Eterovic y Donadello (2015) mencionan que “los grados de integridad de la seguridad (SIL) se utilizan para establecer prácticas buenas de ingeniería y llevar a cabo el cumplimiento de las necesidades de integridad, en áreas como el software, donde pueden producirse fallos sistemáticos”.

2.1.12. Eficiencia

Es una dimensión teórica que aborda la capacidad de un sistema para realizar tareas utilizando recursos y tiempo mínimos. Este concepto se basa en las teorías de optimización de recursos y minimización de costos, lo que asegura que las estructuras conserven un rendimiento constante con un consumo reducido.

Componentes teóricos básicos

Teoría de la optimización de recursos

Según Slack et al. (2010), la eficiencia se logra cuando los sistemas utilizan los recursos de manera óptima, minimizando el desperdicio y maximizando la producción

Kumar et al. (2016) amplían esto al enfatizar la importancia de la asignación equilibrada de recursos en los sistemas de monitoreo ambiental

Govea et al. (2023) destacan cómo los sistemas modernos deben optimizar tanto los recursos computacionales como los humanos

Teoría de la Eficiencia de Procesos

Piñero et al. (2021) argumentan que la eficiencia en los sistemas web requiere reducir los tiempos de respuesta y las cargas del sistema

Sousa y Rocha (2019) demuestran cómo los procesos eficientes se correlacionan directamente con los niveles de satisfacción de los usuarios

Estudios recientes de Moreno y Dueñas (2018) relacionan la eficiencia de los procedimientos con la mejora de las capacidades de monitorear el entorno ambiental

Aplicaciones Prácticas en Sistemas Ambientales

Gestión de recursos

- **Recursos computacionales:** Los sistemas modernos de información ambiental deben equilibrar la potencia de procesamiento con el consumo de energía (Kumar et al., 2016)
- **Almacenamiento de datos:** Metodologías eficientes de compresión y gestión de información reducen las necesidades de almacenamiento al tiempo que mantienen la accesibilidad (Govea et al., 2023).
- **Recursos de red:** Los protocolos de transferencia de información optimizados minimizan el uso de ancho de banda (Sousa y Rocha, 2019).

Eficiencia del tiempo

- **Tiempo de respuesta:** Los sistemas deben proporcionar acceso casi instantáneo a los datos ambientales (Piñero et al., 2021)
- **Velocidad de procesamiento:** es analizar de forma rápida conjuntos de informaciones ambientales que permitan tomar decisiones más rápidas (Moreno y Dueñas, 2018)
- **Monitoreo en tiempo real:** Procesamiento inmediato de los datos de los sensores ambientales (Kumar et al., 2016)

Tabla 5*Principios teóricos de eficiencia en sistemas de información ambiental*

Principio Teórico	Descripción	Referencias
Optimización de Recursos	Uso adecuado de hardware y software, evitando desperdicios y logrando un balance de recursos.	Slack et al., 2010
Minimización de Costos	Reducir el costo operativo y de mantenimiento del sistema mediante el uso eficiente de recursos.	Piñero et al., 2021
Escalabilidad Eficiente	Capacidad del sistema para mantener su rendimiento al incrementar la carga de trabajo.	Piñero et al., 2021
Reducción de Tiempos	Estrategias que permiten disminuir el tiempo de procesamiento y respuesta en el sistema.	Slack et al., 2010

Nota. Elaboración propia de acuerdo a la revisión de literatura.

Estas teorías son fundamentales en la ingeniería de sistemas y sustentan el diseño de plataformas de gestión de datos ambientales que requieren alta eficiencia para responder a las necesidades de análisis en tiempo real.

2.1.13. Eficacia

Es la capacidad de lograr los fines previstos y producir los resultados deseados. Esta dimensión se centra en lograr fines y la precisión de los hallazgos más que en la utilización de los recursos.

Componentes teóricos básicos

Teoría del logro de metas

Mejía (1998) define la efectividad como asociación entre los fines logrados y los resultados esperados

Hernández et al. (2014) enfatizan la medición de la efectividad a través del impacto organizacional

Losada (2019) vincula la efectividad con la capacidad de toma de decisiones estratégicas

Marco Orientado a Resultados

Govea et al. (2023) establecen marcos para medir la precisión de los datos ambientales

Sousa y Rocha (2019) proponen métricas para la evaluación de la efectividad de las estructuras de datos.

Kumar et al. (2016) desarrollan indicadores de efectividad para el monitoreo ambiental

Implementación en Sistemas Ambientales

Precisión de los datos

- Precisión de medición en parámetros ambientales
- Coherencia en el acopio de información y la puesta de informes
- Mecanismos de validación de la calidad de los datos

Generación de informes

- Creación automatizada de informes
- Precisión de la visualización de datos
- Cumplimiento de las normas medioambientales

Tabla 6*Principios teóricos de eficacia en sistemas de información ambiental*

Principio Teórico	Descripción	Referencias
Cumplimiento de Metas	Evaluación de la proporción de metas alcanzadas frente a los objetivos planteados en el sistema.	Mejía, 1998
Precisión en Resultados	Capacidad del sistema para proporcionar datos exactos y confiables que respalden la acción de tomar decisiones.	Hernández et al., 2014
Contribución a Procesos Internos	Potenciar los procedimientos de la organización mediante una mayor precisión en el manejo de información.	Hernández et al., 2014
Alineación Estratégica	Capacidad del sistema para ajustarse a los fines y estrategias de la institución	Mejía, 1998

La eficacia es fundamental en sistemas de gestión ambiental, ya que determina si el sistema cumple con su propósito y contribuye a mejorar los procedimientos organizacionales en la gestión de los datos críticos.

2.1.14. Reingeniería de Procesos

La reingeniería de procesos, que se conoce también como reingeniería de procedimientos de negocio (BPR, con sus siglas en inglés), es una orientación estratégica que se enfoca en rediseñar fundamentalmente los procesos de trabajo y procedimientos operativos en una institución con la finalidad de mejora de la eficiencia y eficacia.

El concepto central de la reingeniería de procesos es que, en lugar de realizar mejoras incrementales en los procesos existentes (que se considera una optimización), se realiza un cambio radical, reconfigurando o incluso eliminando completamente los procesos actuales para alcanzar drásticas mejoras con medidas críticas de desempeño, como servicio, costos, velocidad y calidad.

La reingeniería de procesos a menudo implica el uso de tecnologías emergentes para facilitar los nuevos procesos. Es un enfoque que puede llevar a cambios significativos en la manera en que una institución realiza negocios y, por lo tanto, a menudo requiere un fuerte liderazgo y un claro reconocimiento y comunicación del motivo y los beneficios del cambio.

De acuerdo con Pérez et al. (2017) la reingeniería presume grandes ventajas competitivas para las entidades, pues si se ejecuta de adecuada manera, se rediseña los procedimientos para conseguir mejoras, incrementado el desempeño e inclusive disminuyendo los costos.

2.1.15. Tratamiento de aguas residuales

Tiene que ver con el procedimiento de eliminación de elementos de contaminación físico, químico y biológico presentes en las aguas residuales con anterioridad a su liberación de nuevo al medio ambiente o a reutilizar. Este proceso es fundamental para la protección de la salud pública y el entorno ambiental, pues las aguas residuales sin tratar pueden contener una variedad de contaminantes perjudiciales, como bacterias patógenas, nutrientes que causan la eutrofización, metales pesados y otros químicos tóxicos.

Este proceso generalmente se realiza en plantas de tratamiento y se realiza en varias etapas. El tratamiento primario implica eliminar grandes sólidos y sedimentos a través de métodos físicos como la sedimentación. El tratamiento secundario, que a menudo es de naturaleza biológica, está destinado a la eliminación de las materias orgánicas disueltas y los microorganismos patógenos. En algunas plantas, se puede realizar un tratamiento terciario para eliminar los nutrientes y otros contaminantes que quedan después del tratamiento secundario.

2.1.15.1. Funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

Se centra en eliminar contaminantes y la purificación de las aguas residuales para devolver agua segura al medio ambiente o reutilizarla para diversos propósitos. Este

procedimiento consta de varias fases, incluyendo el tratamiento primario, secundario y terciario.

El tratamiento de las aguas residuales consiste en procedimientos químicos, físicos y biológicos que excluyen los contaminantes del agua mediante plantas depuradoras y permite que la naturaleza reciba el agua tratada y la vuelva a utilizar. Por tanto, el nivel de tratamiento necesario viene determinado por la cantidad de oxígeno que contiene y su capacidad de re-oxigenarse. La finalidad del tratamiento de las aguas residuales es generar dos resultados: un flujo de agua que puede ser reutilizado en el medio ambiente y otra sustancia, lodos o biosólidos, que puede ser eliminada o reciclada. Las aguas residuales proceden de los inodoros, las duchas, las cocinas, y en muchos lugares también se vierten los residuos industriales y comerciales al alcantarillado. En los países desarrollados, la separación de las aguas residuales en aguas negras (residuos de los inodoros) y aguas grises (desagües utilizados para lavar la ropa o los platos), es más común. Las aguas negras y las grises proceden de fuentes diferentes, pero ambas se utilizan de la misma manera: se reciclan transformándose en aguas negras. Las aguas residuales municipales sujetan vertidos de tipo residencial, comercial e industrial, así como aguas superficiales relacionadas con las precipitaciones. Las estructuras de alcantarillado que transportan conjuntamente las aguas grises, las aguas negras y las aguas pluviales se denominan sistemas de alcantarillado. Los sistemas de alcantarillado combinados son una práctica menos común en Estados Unidos y Canadá de los que fueron en el pasado. Además de ser menos aceptada en Europa (así como en los países europeos), esta forma de construcción ha sido abandonada en gran medida por las autoridades del Reino Unido. Las aguas sucias y las aguas pluviales se recogen en sistemas de alcantarillado separados, denominados alcantarillas sanitarias en Estados Unidos y alcantarillas pluviales en otros lugares; alcantarillas sucias y alcantarillas de aguas superficiales en el Reino Unido, o alcantarillas pluviales y

alcantarilla sucia en Inglaterra. Las aguas pluviales pueden transportar diversos contaminantes, como partículas de tierra, metales pesados y compuestos orgánicos (Merino, 2010).

El tratamiento primario es la primera etapa, donde los sólidos suspendidos y los materiales flotantes son removidos. Se logra de manera general por medio de la sedimentación, donde los sólidos se confirman en el base de los tanques de sedimentar debido a la gravedad. Los materiales flotantes como aceites y grasas se eliminan mediante técnicas de flotación.

El tratamiento secundario es el siguiente paso, destinado a eliminar la materia orgánica biodegradable y los contaminantes biológicos. Este proceso se realiza a menudo mediante técnicas biológicas que implican el uso de microorganismos para la descomposición de la materia orgánica en productos de mayor sencillez. Los dos métodos más comunes son los procesos aerobios, que requieren oxígeno, y los anaerobios, que se realizan con la falta de oxígeno.

El tratamiento terciario, también conocido como tratamiento avanzado, tiene como objetivo eliminar los contaminantes que quedan después del tratamiento secundario. Esto incluye nutrientes como el fósforo y nitrógeno, así como microorganismos patógenos y otros contaminantes químicos. Los métodos de tratamiento terciario pueden variar ampliamente, desde la filtración y la desinfección hasta los procesos químicos y biológicos más avanzados.

Finalmente, antes de liberar el agua tratada, se realiza un proceso de desinfección para eliminar cualquier microorganismo restante. Esto se logra generalmente mediante cloración, aunque también se pueden utilizar otras técnicas, como la irradiación ultravioleta o la ozonización.

Las PTAR desempeñan un papel crucial en la protección de la salud humana y del entorno ambiental, asegurando que las aguas residuales se tratan adecuadamente antes de su liberación o reutilización.

2.1.15.2. Importancia de las PTAR.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son de vital importancia en el contexto contemporáneo por una serie de razones que abordan tanto cuestiones ambientales como de salud pública.

La gestión de los residuos es crucial para la salud de los ciudadanos y de su entorno. Los residuos humanos, si no se tratan adecuadamente, suponen riesgo de infección (por conexión directa con materias fecales), de hepatitis y de diversas enfermedades gastrointestinales, como el cólera y la fiebre tifoidea (por contaminar el agua de origen y alimentos). Así mismo, las precipitaciones urbanas pueden tener iguales contaminantes, en sorprendentes concentraciones (Manotupa y Muriel, 2018).

Desde una perspectiva ambiental, las PTAR juegan un rol importante en el amparo de los recursos del agua al tratar y purificar las aguas residuales antes de su descarga en cuerpos de agua como ríos, lagos o mares. Este tratamiento reduce significativamente la cantidad de contaminantes, impidiendo la degradación de los ecosistemas de agua y protegiendo la biodiversidad. Además, el agua tratada adecuadamente también puede ser reutilizada para propósitos no potables, como el riego agrícola, reduciendo así la presión sobre los materiales de agua dulce.

Desde una perspectiva de salud pública, las PTAR son fundamentales para minimizar el peligro de enfermedades de transmisión del agua. Al eliminar los patógenos y otros contaminantes peligrosos de las aguas residuales, las plantas de tratamiento ayudan a prevenir la transmisión de enfermedades como disentería, cólera, fiebre tifoidea y otras infecciones gastrointestinales.

2.1.15.3. Lodos.

Son una combinación de agua y sólidos que se han separado de las aguas residuales durante procedimientos naturales o artificiales, y son extremadamente líquidos (más del 95%

de agua). Las características de los efluentes secundarios son variables y penden de la carga contaminante de las aguas residuales brutas, así como de su tratamiento. Estos producidos por el tratamiento de las aguas contienen una cantidad de contaminantes, entre los que están los metales pesados y sustancias orgánicas.

Los lodos que provienen de las Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tienen distintos compuestos en asociación con el origen de las aguas. Pueden producirse en el tratamiento de las aguas industriales o residuales domésticas. Además, los rasgos de los lodos se relacionan estrechamente al procedimiento usado en las PTAR, que incidirá en los rasgos y propiedades de los biosólidos y las alternativas viables a usar en la administración (Amador-Díaz et al., 2015).

2.1.15.4. Protocolos de Monitoreo.

Un protocolo de monitoreo en las aguas residuales es un marco estandarizado que proporciona directrices y procedimientos para la evaluación de forma coherente y eficaz de la calidad del agua y la efectividad del tratamiento en aguas residuales. Este marco permite la recopilación de datos que son relevantes y fiables para determinar el estado y la eficacia de los procedimientos al tratar las aguas residuales.

Este tipo de protocolo especifica varios aspectos del proceso de monitoreo. En primer lugar, identifica los indicadores de medición. Estos indicadores pueden variar ampliamente, dependiendo de las necesidades y objetivos específicos del monitoreo, pero generalmente incluyen medidas como el pH, la temperatura, la concentración de oxígeno que se disuelve, los sólidos suspendidos totales, y existencia de contaminantes específicos, tanto químicos como biológicos.

Además, el protocolo también establece las formas en que se recogerán las muestras de agua. Estos métodos pueden cambiar de acuerdo a diversos aspectos, que incluyen la clase de

agua que se está monitoreando, la ubicación y el tiempo de muestreo, y los parámetros específicos que se van a medir.

A. Valores Máximos Admisibles (VMA) para descarga de agua residual no doméstica.

De acuerdo con D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA (2019) instituye los indicadores de los Valores Máximos Admisibles (VMA) y regular los procedimientos para el control de las descargas de aguas residuales no domésticas en la estructura del alcantarillado sanitario. Con el fin de, preservación de las subestructuras, la infraestructura sanitaria, máquinas, equipos para los servicios de alcantarillado sanitario y motivar al tratamiento de las aguas residuales para disposiciones o reúsos, asegurando que se sostenga las estructuras de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales; así como, la reducción del peligro en los trabajadores prestadores de servicios de saneamiento posea conexión con las descargas de aguas residuales no domésticas.

B. Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

De acuerdo con D.S. N.º 015-2017-VIVIENDA (2019) establece las normas para establecer las particularidades de los lodos; de la misma manera clasificar, los indicadores de producción y la acción de controlar el empleo de los biosólidos que proviene de lodos producidos en el tratamiento de las plantas de aguas residuales (PTAR) domésticas o municipales.

C. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció un conjunto de pautas, que tienen como objetivo garantizar que la utilización de estas sustancias en la agricultura y la acuicultura se lleve a cabo de manera segura. Estas directrices son esenciales para minimizar

los posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente. (Organización Mundial de la Salud, 1989)

D. Condiciones Mínimas de Manejo de Lodos y las Instalaciones para su Disposición Final.

De acuerdo con R.M. N.º 128-2017-VIVIENDA establece las normas para establecer los rasgos de los lodos; de la misma manera para clasificar, los indicadores de producción y para controlar el empleo de los biosólidos que provienen de la estabilización de lodos producidos en el tratamiento de plantas de aguas residuales (PTAR) domésticas o municipales. Con el objetivo de fomentar el hecho de reaprovechar los lodos producidos en las PTAR, que, al ser modificados a biosólidos, se puede usar en tareas, de la industria cerámica, acciones forestales y agrícolas, entre otras, teniendo en cuenta los peligros al entorno ambiental y la salud.

E. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Conjunto de directrices que establecen procedimientos y normas para evaluar y controlar la calidad del agua liberada por estos tratamientos de plantas. El propósito de este protocolo es asegurar que el agua tratada llegue a cumplir con los estándares de calidad ambiental con anterioridad a ser liberada al entorno ambiental, para la protección de la salud pública y minimizar el impacto en los ecosistemas del agua y terrestres. Para lograr este objetivo, el protocolo especifica los parámetros a medir (como pH, temperatura, concentración de oxígeno disuelto, sólidos totales suspendidos, y presencia de contaminantes específicos), las técnicas de muestreo y análisis a utilizar, y cómo interpretar y comunicar los resultados. Este protocolo es fundamental para asegurar que las PTAR operen de manera efectiva y eficiente, y es un instrumento esencial para los reguladores y las entidades responsables de las PTAR para

monitorear y mejorar continuamente el rendimiento de las plantas de tratamiento y cumplir con las regulaciones ambientales. (R.M. N° 273-2013-VIVIENDA, 2013)

F. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales son estándares regulatorios establecen la máxima concentración autorizada de diferentes contaminantes en el agua tratada que es liberada al medio ambiente por estas plantas. Estos límites están diseñados para la protección de la salud de los seres humanos y el entorno ambiental de las consecuencias nocivas de los contaminantes.

Los LMP pueden abarcar una variedad de contaminantes, incluyendo, pero no limitado a, sólidos totales suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total, y bacterias patógenas como *Escherichia coli*.

Estos límites son establecidos por las autoridades reguladoras de cada país y tienen variación según la localización de la descarga y del tipo de cuerpo de agua receptor (por ejemplo, ríos, lagos, mares). Las PTAR deben monitorear regularmente la calidad de sus efluentes para asegurarse de que cumplan con estos LMP, y pueden ser sujetas a penalizaciones si no lo hacen.

La implementación y el cumplimiento de los LMP son fundamentales para asegurar que las PTAR contribuyan a proteger la calidad del agua y el entorno ambiental en general. Con el objetivo de control de los excesos en los grados de concentración de sustancias biológicas, físicas y químicas existentes en los efluentes o emisiones, para impedir problemas en la salud y el medio ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó el D.S. N.º 003-2010-MINAM, de acuerdo a ello se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2010).

2.1.16. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

De acuerdo con Benavides y León (2007), son los elementos gaseosos del ambiente, los naturales y antropogénicos, que hacen su proceso de absorción y votan radiación en longitudes determinadas de ondas del espectro de radiación infrarroja mandado a la zona de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la Tierra, los gases principales de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3).

Sin embargo, las actividades humanas, en especial la quema de combustibles fósiles y la deforestación, incrementa de forma significativa la reunión de estos gases en la atmósfera, lo que genera un incremento de la temperatura media de la Tierra. Este calentamiento global está asociado con cambios climáticos significativos, incluyendo aumentos en la severidad y frecuencia de los sucesos climáticos extremados.

Las acciones asociadas con las funciones de los servicios de saneamiento pueden producir gases de efecto invernadero (GEI) principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) - y de esta forma aportar a las transformaciones climáticas.

Las emisiones de GEI producidas por las operaciones de los servicios de saneamiento se dividen en las siguientes categorías:

- Las emisiones directas de GEI son aquellas provenientes de procedimientos o equipos bajo control o propiedad del prestador. Como es el caso de emisiones por tratar aguas residuales y lodos o el consumo de combustible, de ser así.
- Las emisiones indirectas de GEI son las emisiones relacionadas con las tareas del prestador, pero que físicamente ocurren en emplazamientos u operaciones bajo el

control de una empresa distinta al prestador. Tal es el caso de emisiones por la electricidad que ya se consumió para que operen estructuras de bombeo; en este caso la electricidad utilizada por el prestador es producida directamente por la empresa de electricidad.

Como se puede observar en la tabla 7, las emisiones de GEI indirectas están relacionadas más al consumo de Diesel, energía eléctrica, gas natural y/o petróleo/gasolina; mientras que las emisiones de GEI directa están más relacionadas a los procedimientos o equipos de propiedad de control bajo del prestador.

Tabla 7

Categorías de GEI

Tipo de emisión	Categoría de GEI	Subcategoría de GEI	Consumo o residuo que generan las emisiones de GEI
Directa	Desechos - Tratamiento biológico de aguas residuales	Emisiones CH ₄ en PTAR	Afluente a la PTAR
		Emisiones CH ₄ en descarga de PTAR	Efluente de la PTAR
		Emisiones CH ₄ por descarga de aguas residuales sin tratamiento	Vertimiento de aguas residuales no tratadas
		Emisiones CH ₄ por falta de cobertura de alcantarillado	
		Emisiones N ₂ O en PTAR	Afluente a la PTAR
		Emisiones N ₂ O en descarga de PTAR	Efluente de la PTAR
		Emisiones N ₂ O por descarga de aguas residuales sin tratamiento	Vertimientos de agua residual no tratadas
		Emisiones N ₂ O por falta de cobertura de alcantarillado	
	Desechos - Tratamiento biológico de residuos sólidos	Emisiones CH ₄ por tratamiento de lodos en PTAR	Lodos generados en el tratamiento primario Lodos producidos en el tratamiento primario y secundario Lodos generados en el tratamiento secundario

Tipo de emisión	Categoría de GEI	Subcategoría de GEI	Consumo o residuo que generan las emisiones de GEI
Indirecta	Energía eléctrica / Combustión estacionaria	Emisiones GEI por consumo de Diesel de motores in-situ (Diesel)	Diesel
		Emisiones GEI por consumo de energía eléctrica	Consumo de energía eléctrica
		Emisiones GEI por consumo de gas natural de motores in-situ	Gas natural
		Emisiones GEI por consumo de petróleo/gasolina de motores	Petróleo/gasolina

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.17. Factores de Emisión

Las emisiones de GEI generalmente no se miden de manera directa. Se estiman a partir de parámetros reportados en su mayoría durante el control de los procesos operativos. Para estimar las emisiones se aplican las fórmulas empíricas proporcionadas en las normas del IPCC para el inventario nacional de GEI.

Las metodologías de cuantificación de emisiones definidas por el IPCC se centran en información de actividades y aspectos de emisión:

- La información de actividad son información referente a la dimensión de la actividad generadora de emisiones, por ejemplo: la carga de efluentes al tratamiento biológico de efluentes; la energía consumida por las bombas en una estructura para abastecer de agua, etc.
- Los factores de emisión son valores que relacionan las actividades con el número de un determinado GEI llevado a la atmósfera. Por ejemplo: la cantidad de CH₄ (metano) emitida por la cantidad de carga de efluentes descargados en medios acuáticos; o la cantidad de CO₂ asociada al consumo de cada kWh de una estructura para abastecer agua. Los factores de emisión tabulados se definen con base en el promedio de los datos disponibles de una serie de investigaciones. Estos factores

facilitan la estimación de las emisiones de diferentes fuentes (actividades generadoras) de GEI.

En los servicios de saneamiento se generan los GEI siguientes: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Para poder sumar las emisiones deben expresarse en la misma unidad, en este caso en kg de CO_2 equivalente. Las emisiones de metano y óxido nitroso deben convertirse entonces de kg CH_4 o kg de N_2O . Esto se logra multiplicando las emisiones de metano y óxido nitroso por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) el cual representa cuántas veces el gas emitido es más potente para generar calentamiento global que el dióxido de carbono (CO_2).

Las herramientas de cálculo de las emisiones de GEI como el ECAM calculan las emisiones de GEI antes mencionadas en base a las fórmulas propuestas por el IPCC. El usuario debe ingresar la información de las tareas y, generalmente, los aspectos de emisión.

Para las emisiones de GEI que se producen durante el tratamiento de las aguas residuales los aspectos de emisión están en función a la clase de tecnología usado, como se puede ver en la tabla 8.

Tabla 8

Factores de emisión según la tecnología usada

Etapas de tratamiento	Unidad de tratamiento	Factor de emisión de metano	Factor de emisión de óxido nitroso	Porcentaje de remoción de nitrógeno
Tratamiento primario	Tanque Imhoff	0.48 - 0.6	0	60%
	Laguna anaerobia	0.48 - 0.6	0	50%
Tratamiento secundario etapa 1	Laguna facultativa	0.12 - 0.18	0.016	90%
	Laguna aireada de mezcla parcial	0.06 - 0.12	0.016	85%
	Laguna aireada de combinación completa	0.06 - 0.12	0.016	85%

Etapa de tratamiento	Unidad de tratamiento	Factor de emisión de metano	Factor de emisión de óxido nítrico	Porcentaje de remoción de nitrógeno
	UASB	0.48 - 0.6	0	70%
	Filtro anaerobio	0.48 - 0.6	0	[-]
	Lodos activados	0.018 - 0.05	0.016	90%
	Filtro percolador	[-]	0.016	[-]
	Emisario submarino	0 - 0	0	0%
Tratamiento secundario etapa 2	Laguna facultativa	0.12 - 0.18	0.016	90%
	Laguna aireada de mezcla parcial	0.06 - 0.12	0.016	85%
	Laguna aireada de mezcla completa	0.06 - 0.12	0.016	85%
	Filtro anaerobio	0.48 - 0.6	0	
	Lodos activados	0.018 - 0.05	0.016	90%
	Filtro percolador	[-]	0.016	[-]
	Emisario submarino	0 - 0	0	0%
Desinfección	Cloración	0 - 0	0	0%
	Ozonización	0 - 0	0	0%

Nota. Los factores de emisión pueden variar por diferentes motivos, ya sea por requerimientos globales o según lo decida la empresa prestadora de servicios de saneamiento.

Por otro lado, para las emisiones de GEI que se generan en los cuerpos receptores debido a la descarga de aguas residuales (no tratadas o tratadas) dependen de los aspectos de emisión de CH₄ (metano) y N₂O (óxido nítrico) según el cuerpo que recibe, como se puede ver en la tabla 9.

Tabla 9

Factores de emisión según el cuerpo receptor

Cuerpo receptor	Factor de emisión de metano	Factor de emisión de óxido nítrico
Terreno baldío	0	0
Canal de regadío	0	0
Quebrada seca	0	0
Canal de drenaje	0	0

Cuerpo receptor	Factor de emisión de metano	Factor de emisión de óxido nitroso
Mar	0.068	0.005
Lago / laguna	0.114	0.005
Rio / arroyo	0.021	0.005
PTAR	0	0

Nota. Los factores de emisión pueden variar por diferentes motivos, ya sea por requerimientos globales o según lo decida la empresa prestadora de servicios de saneamiento.

2.1.18. Estimaciones de GEI

Se calculan de acuerdo con el factor de emisión e información producida en el tratamiento de aguas residuales, ya sean directos o indirectos.

2.1.18.1. Emisiones CH₄ en PTAR.

Se refiere a las emisiones de metano en el tratamiento biológico de las aguas residuales.

Calculo:

$$\left[\left(\frac{\sum DBOa}{Ma} \times \frac{Va}{1000} \right) - \left(\frac{\sum DBOL}{ML} \times \frac{VL}{1000} \right) \right] \times FE \times PCG$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10

Parámetros para la estimación de las emisiones CH₄ en PTAR

Abreviación	Parámetro	Unidad
DBOa	DBO ₅ del afluente	mg/l
Ma	Cantidad de muestras durante el año de evaluación	[-]
Va	Volumen de aguas residuales tratadas en la PTAR (afluente)	m ³ /año
DBOL	DBO ₅ del lodo retirado de las unidades de tratamiento	mg/l
ML	Cantidad de muestras durante el año de evaluación	[-]
VL	Volumen de lodo retirado de las unidades de tratamiento	m ³ /a
FE	Factor de emisión del metano	kgCH ₄ /kgDBO
PCG	Potencial de Calentamiento Global de metano	kgCO ₂ eq/kgCH ₄

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.2. Emisiones CH₄ en descarga de PTAR.

Son las emisiones de metano al descargar aguas residuales tratadas.

Calculo:

$$\left(\frac{\sum DBOe}{Me} \times \frac{Ve}{1000} \right) \times FE \times PCG$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11

Parámetros para las estimaciones de las emisiones CH₄ en descarga de PTAR

Abreviación	Parámetro	Unidad
DBOe	DBO5 del efluente	mg/l
Me	Cantidad de muestras durante el año de evaluación	[-]
Ve	Volumen de aguas residuales tratadas en la PTAR (efluente)	m ³ /año
FE	Factor de emisión del metano del cuerpo receptor que recibe el vertimiento de AR no tratadas	kgCH ₄ /kgDBO
PCG	Potencial de Calentamiento Global de metano	kgCO ₂ eq/kgCH ₄

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.3. Emisiones CH₄ por descarga de aguas residuales sin tratamiento.

Se refiere a la liberación de metano que ocurre cuando las aguas residuales son descargadas en el entorno ambiental sin un adecuado tratamiento.

Calculo:

$$[(CAS \times DP) \times \left(\frac{100 - PorT}{100} \right)] \times DBO/1000 \times días \times \left(\frac{\sum (FE \times Q)}{\sum Q} \right) \times PCG$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 12.

Tabla 12

Parámetros para la estimación de las emisiones CH₄ al descargar de aguas residuales que están sin tratamiento

Abreviación	Parámetro	Unidad
CAS	Conexiones de alcantarillado sanitario	conexiones
DP	Densidad poblacional	Hab. / vivienda
PorT	Porcentaje de tratamiento de aguas residuales	%
DBO	DBO per cápita generado en las AR	g/persona/día
días	Días del período de evaluación (año)	días
FE	Factor de emisión del metano del cuerpo receptor que recibe el vertimiento de AR no tratadas i	KgCH ₄ /KgDBO
Q	Caudal promedio de 24 h (valor del año en evaluación o – si no hay – valor más reciente anterior al año evaluado) del vertimiento de AR no tratadas i	l/s
PCG	Potencial de Calentamiento Global de metano	KgCO ₂ eq/KgCH ₄

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.4. Emisiones CH₄ por falta de cobertura de alcantarillado.

Se refiere a la generación y liberación de metano que ocurre cuando las aguas residuales no son adecuadamente recolectadas y tratadas debido a una insuficiente infraestructura de alcantarillado.

Calculo:

$$[PR - (CAS \times DP)] \times DBO/1000 \times \text{días} \times FE \times PCG$$

La forma descrita de los parámetros se puede observar en la tabla 13.

Tabla 13

Parámetros para la estimación de las emisiones CH₄ por falta de cobertura de alcantarillado

Abreviación	Parámetro	Unidad
PR	Población residente (población ámbito)	habitantes
CAS	Conexiones de alcantarillado sanitario	conexiones
DP	Densidad poblacional	habitantes / vivienda
DBO	DBO per cápita generado en las AR	g/persona/día
días	Días del período de evaluación (año)	días
FE	Factor de emisión del metano (emisiones por falta de cobertura de alcantarillado)	kgCH ₄ /kgDBO
PCG	Potencial de Calentamiento Global de metano	kgCO ₂ eq/kgCH ₄

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.5. Emisiones N₂O en PTAR.

Se refiere a las muestras de óxido nitroso durante el tratamiento biológico de las aguas residuales.

Calculo:

$$\left(\frac{\sum N_{Afluente}}{Ma} \times \frac{Va}{1000} \right) \times \frac{44}{28} \times FE \times PCG$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 14.

Tabla 14

Parámetros para la estimación de las emisiones N₂O en PTAR

Abreviación	Parámetro	Unidad
N _{Afluente}	Concentración de nitrógeno (N) en el afluente	mg/l
Ma	Cantidad de muestras durante el año de evaluación	[-]
Va	Volumen de aguas residuales tratadas en la PTAR (afluente)	m ³ /año
FE	Factor de emisión del óxido nitroso	kgN ₂ O/kgN
PCG	Potencial de Calentamiento Global de óxido nitroso	kgCO ₂ eq/kgN ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.6. Emisiones N₂O en descarga de PTAR.

Emisiones de óxido nitroso al descargar aguas residuales tratadas.

Calculo:

$$\left(\frac{\sum N_{Efluente}}{Me} \times \frac{Ve}{1000} \right) \times \frac{44}{28} \times FE \times PCG$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 15.

Tabla 15

Parámetros para la estimación de las emisiones N₂O en descarga de PTAR

Abreviación	Parámetro	Unidad
N _{Efluente}	Concentración de nitrógeno (N) en el efluente	mg/l
Me	Cantidad de muestras durante el año de evaluación	[-]
Ve	Volumen de aguas residuales tratadas en la PTAR (efluente)	m ³ /año
FE	Factor de emisión del óxido nitroso del cuerpo receptor	kgN ₂ O/kgN
PCG	Potencial de Calentamiento Global de óxido nitroso	kgCO ₂ eq/kgN ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.7. Emisiones N₂O por descarga de aguas residuales sin tratamiento.

Se refiere a la liberación de óxido nitroso que ocurre cuando las aguas residuales son descargadas en el entorno ambiental sin un adecuado tratamiento.

Calculo:

$$[(CAS \times DP) \times \left(\frac{100 - PorT}{100} \right)] \times (P \times FN \times FPNC \times FPCI \times Nad) \times \left(\frac{\sum(FE \times Q)}{\sum Q} \right) \times \frac{44}{28} \times PCG$$

La parte descriptiva de los parámetros se puede ver en la tabla 16.

Tabla 16

Parámetros para la estimación de las emisiones N₂O por descarga de aguas residuales sin tratamiento

Abreviación	Parámetro	Unidad
PorT	Porcentajes de tratamiento de aguas residuales	%
CAS	Conexión de alcantarillado sanitario	conexiones
DP	Densidad poblacional	Hab. / vivienda
P	Consumo de proteína anual per cápita	Kg/persona/año
FN	Porción de nitrógeno en proteínas	Kg N/ Kg proteína
FPNC	Factores para las proteínas no consumidas agregadas a las aguas residuales	adimensional
FPCI	Factor para la proteína industrial y comercial descargada en el alcantarillado	adimensional
Nad	Nitrógeno adicional por productos químicos utilizados por usuarios domésticos	adimensional
FE	Factor de emisión para N ₂ O del cuerpo receptor que recibe el vertimiento de AR no tratadas	kg N ₂ O-N / kg N
Q	Caudal promedio de 24 h (valor del año en evaluación o – si no hay – valor más reciente anterior al año evaluado) del vertimiento de AR no tratadas	l/s
PCG	Potencial de Calentamiento Global de óxido nitroso	kg CO ₂ eq/kg N ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.8. Emisiones N₂O por falta de cobertura de alcantarillado.

Se refiere a la generación y liberación de óxido nitroso que ocurre cuando las aguas residuales no son adecuadamente recolectadas y tratadas debido a una insuficiente infraestructura de alcantarillado.

Calculo:

$$[PR - (CAS \times DP)] \times (P \times FN \times FPNC \times FPCI \times Nad) \times FE \times \frac{44}{28} \times PCG$$

La parte descriptiva de los parámetros se puede ver en la tabla 17.

Tabla 17

Parámetros para la estimación de las emisiones N₂O por falta de cobertura de alcantarillado

Abreviación	Parámetro	Unidad
PR	Población residente (población ámbito)	habitantes
CAS	Conexiones de alcantarillado sanitario	conexiones
DP	Densidad poblacional	Hab. / vivienda
P	Consumo de proteína por año per cápita	Kg/persona/año
FN	Porción de nitrógeno en proteínas	Kg N/ Kg proteína
FPNC	Factores para las proteínas no consumidas agregadas a las aguas residuales	adimensional
FPCI	Factor para la proteína industrial y comercial descargada en el alcantarillado	adimensional
Nad	Nitrógeno adicional por productos químicos utilizados por usuarios domésticos	adimensional
FE	Factor de emisión para N ₂ O (emisiones por falta de cobertura de alcantarillado)	kg N ₂ O-N / kg N
PCG	Potencial de Calentamiento Global de óxido nitroso	kg CO ₂ eq/kg N ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.9. Emisiones GEI por consumo de Diesel de motores in-situ (Diesel).

Está relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen cuando se utiliza Diesel como combustible para motores en un lugar específico.

Calculo:

$$V \times DC \times \frac{VCN}{1000} \times (FE_{CO2} + FE_{CH4} \times PCG_{CH4} + FE_{N2O} \times PCG_{N2O})$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 18.

Tabla 18

Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de Diesel de motores in-situ (Diesel)

Abreviación	Parámetro	Unidad
V	Volumen de combustible consumido (Diesel)	L/año
DC	Densidad del combustible (Diesel)	Kg/L
VCN	Valor calorífico neto (Diesel)	TJ/Kg
FECO ₂	Factor de emisión de CO ₂	KgCO ₂ /TJ
FECH ₄	Factor de emisión de CH ₄ (Diesel)	KgCH ₄ /TJ
PCGCH ₄	Potencial de Calentamiento Global de CH ₄	KgCO ₂ eq/KgCH ₄
FEN ₂ O	Factor de emisión de N ₂ O (Diesel)	KgN ₂ O/TJ
PCGN ₂ O	Potencial de Calentamiento Global de N ₂ O	KgCO ₂ eq/KgN ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.10. Emisiones GEI por consumo de energía eléctrica.

Relacionados al consumo de energía eléctrica en las infraestructuras (estaciones de bombeo, PTAP, PTAR, etc.).

Calculo:

$$E \times FE$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 19.

Tabla 19

Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de energía eléctrica

Abreviación	Parámetro	Unidad
E	Consumo de energía eléctrica	kWh/año
FE	Factor de emisión	kg CO ₂ eq/ kWh

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.11. Emisiones GEI por consumo de gas natural de motores in-situ.

Tiene que ver con las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen cuando se emplea gas natural como combustible para motores en un lugar específico.

Calculo:

$$V \times DC \times \frac{VCN}{1000} \times (FECO2 + FECH4 \times PCGCH4 + FEN2O \times PCGN2O)$$

La parte descriptiva de los parámetros se puede ver en la tabla 20.

Tabla 20

Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de gas natural de motores in-situ

Abreviación	Parámetro	Unidad
V	Volumen de combustible consumido (Gas natural)	L/año
DC	Densidad del combustible (Gas natural)	Kg/L
VCN	Valor calorífico neto (Gas natural)	TJ/Kg
FECO ₂	Factor de emisión de CO ₂	KgCO ₂ /TJ
FECH ₄	Factor de emisión de CH ₄ (Gas natural)	KgCH ₄ /TJ
PCGCH ₄	Potencial de Calentamiento Global de CH ₄	KgCO ₂ eq/KgCH ₄
FEN ₂ O	Factor de emisión de N ₂ O	KgN ₂ O/TJ
PCGN ₂ O	Potencial de Calentamiento Global de N ₂ O	KgCO ₂ eq/KgN ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

2.1.18.12. Emisiones GEI por consumo de petróleo/gasolina de motores.

Tiene que ver con las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen cuando se utiliza petróleo o gasolina como combustible en motores.

Calculo:

$$V \times DC \times VCN/1000 \times (FECO2 + FECH4 \times PCGCH4 + FEN2O \times PCGN2O)$$

La descripción de los parámetros se puede observar en la tabla 21.

Tabla 21

Parámetros para la estimación de las emisiones GEI por consumo de petróleo/gasolina de motores

Abreviación	Parámetro	Unidad
V	Volumen de combustible consumido (Petróleo/Gasolina)	L/año
DC	Densidad del combustible (Petróleo/Gasolina)	Kg/L
VCN	Valor calorífico neto (Petróleo/Gasolina)	TJ/Kg
FECO ₂	Factor de emisión de CO ₂	KgCO ₂ /TJ
FECH ₄	Factor de emisión de CH ₄ (Petróleo/Gasolina)	KgCH ₄ /TJ
PCGCH ₄	Potencial de Calentamiento Global de CH ₄	KgCO ₂ eq/KgCH ₄
FEN ₂ O	Factor de emisión de N ₂ O (Petróleo/Gasolina)	KgN ₂ O/TJ
PCGN ₂ O	Potencial de Calentamiento Global de N ₂ O	KgCO ₂ eq/KgN ₂ O

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El estudio realizado es de tipo aplicada con alcances descriptivo y explicativo.

Se considera descriptivo porque tiene como objetivo principal describir las características fundamentales de un sistema web para la gestión de información a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el contexto peruano. Se examinará en detalle la estructura y funcionalidades del sistema, así como su aplicación en la gestión de información relacionada con el tratamiento de aguas residuales en diversas empresas.

Del mismo modo, el estudio también tiene un alcance explicativo, ya que busca analizar y explicar la influencia de implementar el sistema web en términos de eficiencia y eficacia para los usuarios. Se buscará comprender cómo la adopción de este sistema ha influido en la efectividad de la gestión de información en los tratamientos de aguas residuales, así como en las vivencias y agrado de los clientes. A través de fichas de observación, se recopilarán datos antes y después de la implementación para identificar los cambios y proporcionar explicaciones sobre los resultados obtenidos.

Según Hernández et al. (2014), un estudio descriptivo indaga la especificación de propiedades y rasgos relevantes del suceso que se analiza. Narra acerca de un conjunto de personas o población".

Según Hernández et al. (2014), el estudio es explicativo cuando están orientados a dar respuesta a las causas de sucesos que pueden ser sociales o físicos. El interés de este estudio está centrado, en dar explicación de lo que sucede en un determinado evento de cómo se presenta o por qué la variable independiente incide en la dependiente

El diseño seleccionado para esta investigación es pre-experimental y transversal. El enfoque pre-experimental se emplea para evaluar el impacto de la implementación de la estructura web en la administración de la información sobre el tratamiento de aguas residuales

en Perú. En esta clase de diseño, no hay un grupo de control, y los datos se recogen mediante una medición antes (pre-test) y después (post-test) del estudio, representada por la implementación del sistema web.

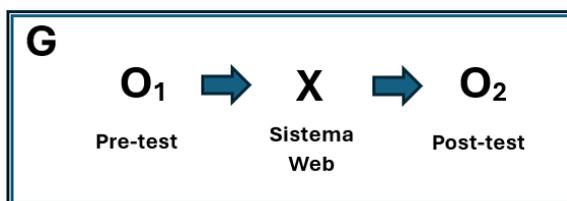
La intervención (sistema web) es la variable independiente, y las mediciones antes (O_1) y después (O_2) permitirán observar los posibles cambios en la gestión de la información. Aunque no es posible realizar una asignación aleatoria de los participantes debido a limitaciones éticas o prácticas, este diseño pre-experimental permite realizar una evaluación controlada de los efectos de la intervención.

Además, es transversal, pues los datos son recogidos en un solo periodo de tiempo específico. Esto implica que no se realizará un seguimiento longitudinal de los mismos, sino que se evaluarán los diferentes aspectos antes y después de implementar el sistema en el momento en que ocurra.

En la Figura 9, está el diagrama que ilustra el diseño pre-experimental transversal del estudio, donde se visualiza la medición inicial (O_1), la intervención con el sistema web (X), y la medición final (O_2), lo que permitirá identificar cambios en la gestión de la información.

Figura 9

Diseño Pre-experimental



Nota. Diseño pre-experimental que muestra la medición antes (O_1) y después (O_2) de aplicar la intervención (X).

Para Hernández et al. (2014), explica que los estudios transeccionales o transversales recogen información en un solo instante, en un único tiempo. Su finalidad es narrar variables y hacer el análisis de su influencia o interrelación en un instante dado.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito Temporal

El sistema web para la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú se desarrollará y evaluará durante un período de treinta y nueve meses, desde abril de 2021 hasta Julio de 2024. Esta duración permitirá obtener datos significativos y realizar un análisis exhaustivo de la eficiencia y eficacia del sistema a lo largo del tiempo.

3.2.2. Ámbito espacial

El sistema web se implementará se implementará en el ámbito nacional, abarcando las 50 EPS que están activas en el Perú al momento de la presente investigación.

3.3. Variables

Se centran en el diseño e implementación de aplicaciones web como variable independiente y la gestión de información ambiental sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú como variable dependiente. El diseño e implementación de aplicaciones web se define como el procedimiento de creación y desarrollo de aplicaciones que permiten a los clientes interactuar con información y servicios a través de navegadores web. Por otro lado, la gestión de información ambiental involucra actividades orientadas a la administración de datos ingresados por los usuarios sobre el tratamiento de aguas residuales, por medio de reportes automatizados en tiempo real para la toma de decisiones.

3.3.1. Variable Independiente: Diseño e implementación de un Sistema Web

El proceso de diseño y desarrollo de aplicaciones web hace que las personas interactúen con diversos servicios y acceder a información a través de navegadores. Esta variable incluye la implementación de software que facilita el acceso a dichos servicios a través de internet.

3.3.2. Variable Dependiente: Gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú

La gestión eficiente de la información ambiental implica la recopilación, procesamiento y reporte de datos sobre el tratamiento de aguas residuales. Esta actividad es fundamental en la planificación estratégica y la toma de decisiones en el sector, especialmente en contextos de demanda inestable.

Dimensiones:

- **Eficacia:** Evalúa la precisión y el éxito en la generación y observación de reportes.
- **Eficiencia:** Mide la capacidad de cálculo y la rapidez con la que se generan reportes en tiempo real.

Indicadores:

- **Porcentaje de reportes observados:** Mide la proporción de reportes generados y observados por los usuarios.
- **Tiempo de cálculo de fórmulas:** Mide la rapidez con la que se calculan fórmulas clave, como el $\text{kgCO}_2\text{eq/año}$.

3.3.3. Operacionalización de Variables

Tabla 22

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULA	DATO
Diseño e implementación de un Sistema Web	Proceso de diseño, creación e implementación de aplicaciones en Internet que permiten a los usuarios interactuar con información y servicios a través de navegadores web. Según Barajas (2020), los sistemas web operan con bases de datos dinámicas para facilitar la consulta y procesamiento de información.				Propuesta de acción	
Gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú	Conjunto de actividades secuenciales orientadas a gestionar la información ingresada por los usuarios. Según Sousa y Rocha (2019), los sistemas de información deben garantizar la facilidad de uso y fiabilidad para optimizar la gestión ambiental.	Brindar reportes automatizados en tiempo real para tomar decisiones	Eficacia	Índice de Eficacia	$(\text{Reportes generados} - \text{Reportes observados}) / \text{Reportes esperados}$	Porcentaje
			Eficiencia	Índice de Eficiencia	$\text{Tiempo empleado} / \text{Tiempo proyectado}$	Porcentaje

Nota. Elaboración propia

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

En el estudio se considera:

- Al conjunto de usuarios especialistas, cuya unidad de análisis es un usuario, que labora en las diferentes sedes a nivel nacional. Por lo que se considera que estará compuesta de 50 personas correspondientes a 1 usuario por cada EPS, siendo 50 EPS en el contexto nacional, como se puede ver en la Tabla 23; entonces decimos que es una población finita, ya que es menor a cien mil unidades.
- El conjunto de reportes producidos antes y después de implementar el sistema cuya unidad de análisis es un reporte generado de las diferentes sedes a nivel nacional. Se estima un aproximado de 8700 reportes, entre las 50 EPS en el ámbito nacional, como se ve en la tabla 23, en este ámbito temporal; entonces decimos que es una población finita, ya que es menor a cien mil unidades.

Tabla 23

EPS a nivel Nacional

N.º	EPS
1	EMUSAP S.A.
2	SEDA HUANUCO S.A.
3	EMAPACOP S.A.
4	EPS SEDALORETO S.A.
5	EMAPA CAÑETE S.A.
6	EMSA PUNO S.A.
7	EPSSMU S.A.
8	AGUA TUMBES S.A.
9	EMAPA PASCO S.A.
10	EMAPISCO S.A.
11	SEDACAJ S.A.
12	EPS TACNA S.A.
13	EMAPAVIGS S.A.C.
14	SEDACHIMBOTE S.A.
15	SEDA AYACUCHO S.A.
16	EMAPA SAN MARTIN S.A.

N.º	EPS
17	EMAPAT S.R.L
18	SEMAPACH S.A.
19	EPS SELVA CENTRAL S.A.
20	EPS MOYOBAMBA S.R.L.
21	EMAPA HUANCAVELICA S.A.C.
22	EPS MOQUEGUA S.A.
23	EMAPA-Y S.R.L.
24	EMAPA HUARAL S.A.
25	EMAPA HUACHO S.A.
26	SEDAPAL S.A.
27	EPS ILO S.A.
28	SEDALIB S.A.
29	EPSEL S.A.
30	SEDAPAR S.A.
31	SEDACUSCO S.A.
32	EPS GRAU S.A.
33	EPS CHAVIN S.A.
34	EPS EMAQ S.R.L.
35	EMAPAB S.A.
36	SEMAPA BARRANCA S.A.
37	EMAPICA S.A.
38	EMPSSAPAL S.A.
39	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.
40	EPS NOR PUNO S.A.
41	EPS SEDAJULIACA S.A.
42	EPS MANTARO S.A.
43	EMUSAP ABANCAY S.A.
44	EMSAP CHANKA S.R.L
45	EPS MARAÑON S.R.L.
46	SEDAM HUANCAYO S.A.
47	EMSAPA CALCA S.R.L.
48	AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L
49	EMSAPA YAULI LA OROYA SRL
50	EPS RIOJA S.A.

Nota. Datos tomados del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

3.4.2. *Muestra*

En el contexto de la eficiencia y eficacia del sistema, se implementará una muestra censal que abarcará las 50 EPS registradas en la base de datos actual. Esta metodología, fundamentada por Ramírez (1999), establece que la muestra censal es aquella en la que todos los elementos son tomados como muestra.

La muestra incluye de manera censal los cincuenta usuarios especialistas correspondientes a cada EPS. Para los reportes generados se aplica un muestreo no probabilístico por criterio al incorporar la totalidad de los aproximadamente 8700 reportes producidos en los periodos analizados. Dado que ambas poblaciones son finitas e inferiores a cien mil unidades no resulta necesaria la aplicación de criterios adicionales de selección.

3.5. Instrumentos

Tabla 24

Instrumentos de acopio de información

Técnica	Instrumento
Observación	Ficha de registro

Nota. Elaboración propia

3.5.1. Ficha de registro

Para la medición de nuestra variable gestión de información ambiental hacemos uso de la técnica de observación, y como instrumento la ficha de registro. Esta ficha registra los datos relacionados a los reportes generados, observados y el tiempo de cálculo de fórmulas antes y después de implementar la estructura web.

3.6. Procedimientos

Para las observaciones y reuniones en Google Meet, se coordinaron horarios convenientes con las personas para realizar las actividades de recolección de la información sobre el tiempo de cálculo de las fórmulas. Durante las observaciones, se registraron los tiempos y se tomaron notas detalladas.

Para evaluar la eficacia se solicitó a cada EPS el informe mensual en el que constaba el número total de reportes emitidos por el sistema. A continuación, se procedió a registrar en la ficha de registro el volumen de reportes generados. Posteriormente se identificaron los reportes

que cumplieran con los criterios de calidad, es decir aquellos que no presentaban observaciones, y con base en ello se calculó para cada EPS el porcentaje de reportes libres de observaciones.

3.7. Análisis de datos

Luego de realizar el acopio de la información, a través de los instrumentos de recolección, donde se toman como base dos escenarios, uno donde no está presente el sistema web y otro donde el sistema web ya se encuentra implementado, se procedió a tabular los datos recolectados usando Microsoft Excel.

Seguidamente, se procedió a realizar la parte estadística de forma descriptiva e inferencial, usando para ellos el software de SPSS v.27.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se tiene los hallazgos conseguidos de realizar el análisis estadístico realizado para evaluar la incidencia del sistema web en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Se analizan los indicadores de eficacia y eficiencia, contrastando las mediciones antes (pre-test) y después (post-test) de la implementación de la estructura web.

- Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

Los datos recolectados para el indicador de eficacia muestran que antes de implementar el sistema web, el promedio de reportes observados versus generados era de 9%, mientras que después de la implementación este valor aumentó a 98%, evidenciando una mejora con significatividad en la eficacia del proceso

Tabla 25

Prueba de normalidad Shapiro – Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia Pre - Test	0,550	50	0,000
Eficacia Post - Test	0,733	50	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Elaboración propia en SPSS V. 27

Para evaluar la normalidad del indicador de Eficacia se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que la muestra está conformada por 50 registros, cantidad que se ajusta al criterio establecido por Hernández et al. (2006, p.376), quienes recomiendan este método estadístico para muestras menores o iguales a 50 unidades.

Para realizar la contrastación de la hipótesis se tuvo:

Si:

- $Sig. < 0.05$ si tiene distribución no normal
- $Sig. \geq 0.05$ si cuenta con distribución normal

En el pretest la significancia fue de 0.000, < 0.05 , esto se explica que la eficacia del pretest no tiene distribución normal. En la prueba de normalidad indican la significancia de la Eficacia es de 0.000, < 0.05 , por lo que la eficacia en el post-test no tiene distribución normal. Entonces de acuerdo con los resultados obtenido de la prueba de Normalidad, le corresponde una prueba no paramétrica, es decir los rangos de Wilcoxon.

Tabla 26

Prueba no paramétrica – Wilcoxon

Eficacia Post - Test - Eficacia Pre - Test	
Z	-6,251 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Nota: Elaboración propia en SPSS V. 27

En la Eficacia se usó la prueba Wilcoxon debido a que la significancia del pretest y del post-test adoptaron una distribución no normal.

Para esto consideramos como:

- H_0 = El diseño e implementación de un sistema web **NO** influye positivamente en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú
- H_1 = El diseño e implementación de un sistema web influye positivamente en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú

Condiciones:

- Si $Sig. \leq 0.05$ refuta H_0 (Hipótesis Nula), por lo tanto, se corrobora H_1 (Hipótesis Alternativa).
- Si $Sig. > 0.05$ se corrobora H_0 (Hipótesis Nula), por lo tanto, se refuta H_1 (Hipótesis Alternativa).

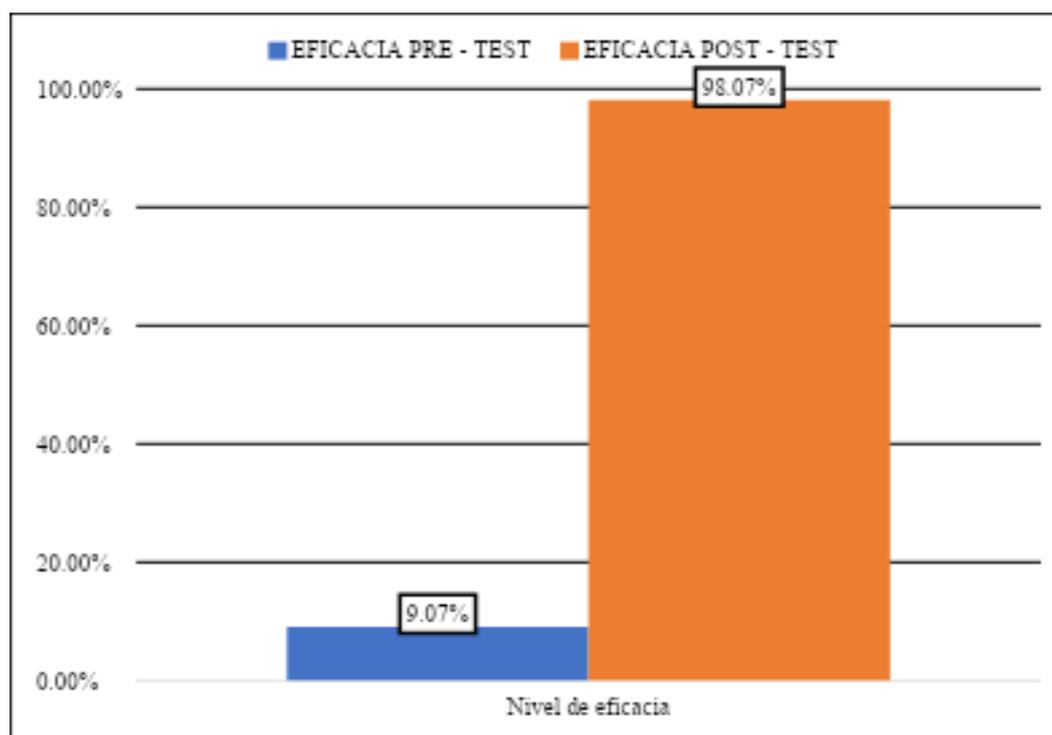
El hallazgo final de la prueba de Wilcoxon muestra significancia (Sig. asintótica bilateral) de 0.000, < 0.05 . Esto indica que se está rechazando la hipótesis nula H_0 y se está aceptando la hipótesis alternativa H_1 .

Se llegó a la conclusión que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la eficacia en la gestión de información ambiental antes (pre-test) y después (post-test) de la implementación del sistema web. El valor Z negativo (-6,251) y basado en rangos negativos indica que la eficacia fue mayor en el post-test que en el pretest.

Tal como se detalla en el siguiente gráfico

Figura 10

Análisis del indicador de Eficacia antes y después de la implementación



Nota: Elaboración propia

- Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

Respecto a la eficiencia, medida a través del tiempo de cálculo de fórmulas, se pudo ver una disminución significativa en los tiempos de procesamiento. El tiempo promedio antes de la implementación era de 25 minutos, mientras que después se redujo a menos de 3 minutos.

Tabla 27

Prueba de normalidad Shapiro – Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Pre - Test	0,918	50	0,002
Eficiencia Post - Test	0,948	50	0,028

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Elaboración propia en SPSS V. 27

La normalidad del indicador de Eficiencia fue analizada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, método seleccionado porque la muestra comprende 50 registros, cumpliendo así con el criterio señalado por Hernández et al. (2006, p.376), quienes sugieren su aplicación cuando el tamaño muestral es menos o similar a 50 unidades.

En la contratación de la hipótesis se tuvo:

Si:

$Sig. < 0.05$ posee distribución no normal

$Sig. \geq 0.05$ posee distribución normal

El análisis estadístico reveló que la distribución de datos en la evaluación inicial presentó un p-valor de 0.002, encontrándose por debajo del umbral crítico establecido (0.05),

con lo cual se puede ver que los resultados no tienen distribución normal. De manera similar, al examinar el indicador de Eficacia en la fase posterior, se tuvo un nivel de significatividad de 0.028, también menor al límite de 0.05, confirmando igualmente una distribución no gaussiana. En consecuencia, estas características en los datos condujeron a la selección de una metodología no paramétrica, específicamente la prueba de Wilcoxon, para analizar subsecuente las hipótesis planteadas.

Tabla 28

Prueba no paramétrica – Wilcoxon

	Eficiencia Post - Test - Eficiencia Pre - Test
Z	-6,155 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Nota: Elaboración propia en SPSS V. 27

Para esta variable Eficiencia se realizó la prueba Wilcoxon debido a que la significancia del pretest y del post-test adoptaron una distribución no normal.

Para ello se tuvo:

- H_0 = El diseño e implementación de un sistema web **NO** influye positivamente en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú
- H_1 = El diseño e implementación de un sistema web influye positivamente en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú

Condiciones:

- Si $Sig. \leq 0.05$ se tiene el rechazo H_0 (Hipótesis Nula), por lo tanto, se tiene la aceptación H_1 (Hipótesis Alternativa).
- Si $Sig. > 0.05$ se tiene la aceptación H_0 (Hipótesis Nula), por lo tanto, se tiene el rechazo H_1 (Hipótesis Alternativa).

De la prueba de Wilcoxon se tiene la significancia (Sig. asintótica bilateral) de 0.000, < 0.05 . Esto significa que se rechazó la hipótesis nula H_0 y se aceptó la hipótesis alternativa H_1 .

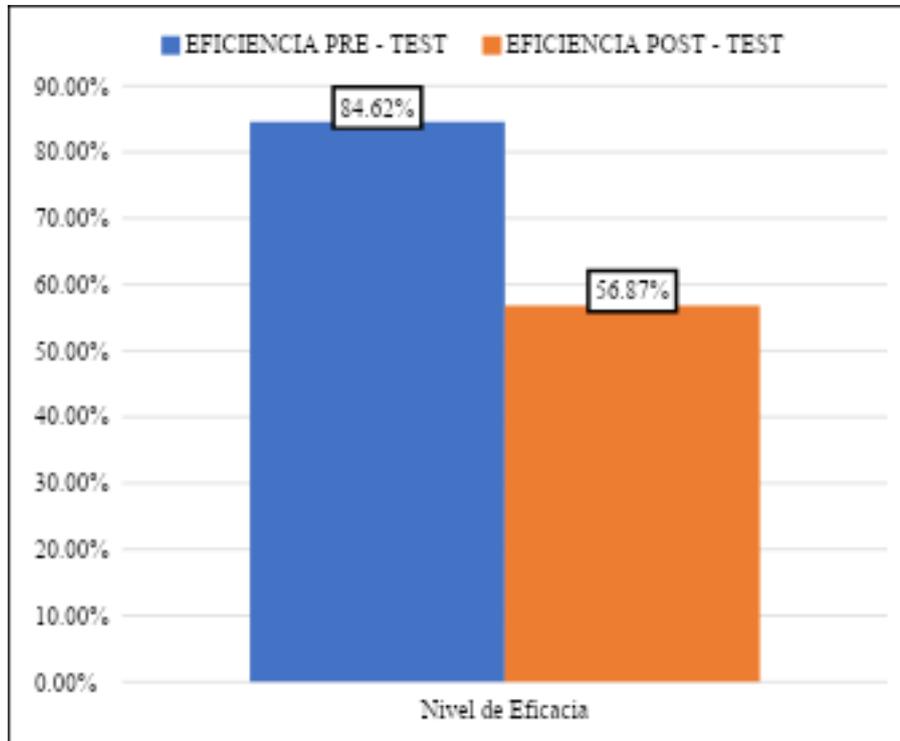
Se tuvo como conclusión, que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la eficiencia en la gestión de información ambiental antes (pretest) y después (post-test) de implementar el sistema web. El valor Z negativo (-6,155) y basado en rangos positivos indica que la eficiencia fue mayor en el post-test comparado con el pretest.

Por lo tanto, los resultados evidencian que el diseño e implementación de la estructura web tuvo influencia significativa y positiva en mejorar la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

Tal como se demuestra en el siguiente grafico:

Figura 11

Análisis del indicador de Eficiencia antes y después de la implementación



Nota: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación con el objetivo general de determinar la influencia del sistema web en la gestión de información ambiental, los resultados demuestran una mejora significativa en los indicadores clave de operación y monitoreo ambiental. Al implementar la estructura web aumentó el promedio de reportes observados versus generados del 9% al 98%, validando los estudios sobre efectividad en la digitalización del procesamiento de datos ambientales (Obregon et al., 2017). Esta mejora también se alinea con investigaciones recientes sobre el impacto positivo de los sistemas web en la gestión ambiental y la relevancia de la automatización para la mejora de la precisión en el manejo de datos (Kumar et al., 2022), mientras que otros estudios han demostrado cómo los sistemas integrados pueden optimizar significativamente los procesos de gestión ambiental, especialmente en contextos de monitoreo continuo que requieren alta precisión y confiabilidad en el procesamiento de la información (Govea et al., 2023). Los hallazgos actuales también confirman investigaciones previas sobre la capacidad de los sistemas web para mejorar la eficiencia operativa en el sector ambiental (Sousa y Rocha, 2019).

La capacidad demostrada del sistema para manipular cantidades grandes de información y producir reportes precisos refleja la importancia de implementar principios sólidos de diseño en sistemas de gestión ambiental (Piñero et al., 2021). Esta robustez operativa confirma investigaciones previas sobre el rol crítico de la arquitectura tecnológica en sistemas de monitoreo ambiental, especialmente cuando se trata de procesamiento de datos en tiempo real (Moreno y Dueñas, 2018). Las mejoras observadas también validan estudios recientes sobre el efecto transformador de la digitalización en la eficiencia organizacional y la administración de recursos (Bughin y Hazan, 2019), mientras que los resultados obtenidos se alinean con investigaciones anteriores sobre la medición efectiva del rendimiento en sistemas de gestión integrados y su impacto en la toma de decisiones basada en datos (Mejía, 1998).

Con relación al primer objetivo específico sobre la eficacia del sistema web, los resultados fueron validados mediante análisis estadísticos rigurosos, obteniéndose un p-valor de 0.000 en la prueba de Wilcoxon, lo que confirma una mejora significativa en la precisión y completitud de la generación de reportes ambientales. Este hallazgo respalda investigaciones previas sobre la relevancia de la medición cuantitativa en sistemas de administración ambiental (Losada, 2019), mientras que otros estudios han enfatizado la necesidad de validación estadística en implementaciones tecnológicas de este tipo (Hernández et al., 2014). Los resultados también confirman investigaciones recientes sobre la efectividad de sistemas web en la gestión de recursos hídricos y monitoreo ambiental (Quindi y Crespo, 2018), así como estudios que destacan la importancia de mantener la integridad en sistemas críticos de monitoreo ambiental que requieren alta precisión en el procesamiento de datos (Eterovic y Donadello, 2015).

El análisis detallado de la eficacia muestra que el sistema superó significativamente las expectativas establecidas para sistemas de gestión ambiental, particularmente en términos de precisión y confiabilidad en el procesamiento de datos (Slack et al., 2010). Esta mejora significativa valida investigaciones previas sobre la importancia de mantener sistemas precisos para monitorear el ambiente y la gestión de recursos del agua (Benavides y León, 2007), mientras que estudios recientes han destacado cómo los sistemas automatizados pueden mejorar significativamente la calidad del monitoreo y tomar decisiones en el área ambiental (Manotupa y Muriel, 2018). Los resultados también confirman investigaciones anteriores sobre la evolución de las estructuras de datos y su relevancia transformadora en la gestión ambiental moderna (Peiró, 2020).

En cuanto al segundo objetivo específico sobre la eficiencia de la estructura web, los tiempos de procesamiento mostraron una reducción significativa de 25 a 3 minutos en promedio para el cálculo de fórmulas, representando una mejora del 88% en la eficiencia

operativa. Esta optimización supera significativamente los hallazgos previos sobre mejoras en eficiencia de sistemas similares (Acuña, 2022), mientras que investigaciones recientes han documentado beneficios comparables en la reingeniería de procesos ambientales y gestión de recursos hídricos (Pérez et al., 2017). La arquitectura implementada valida principios fundamentales de optimización en sistemas de monitoreo ambiental (Gallegos et al., 2020), y confirma estudios previos sobre la relevancia crítica de la funcionalidad en sistemas de administración ambiental (Melissa y Ramael, 2019).

La mejora con significatividad en la eficiencia operativa demuestra la validez de principios modernos de diseño establecidos para sistemas de alto rendimiento en el sector ambiental (Govea et al., 2023). La notable reducción en tiempos de procesamiento confirma investigaciones recientes sobre la optimización de sistemas de monitoreo ambiental y gestión de recursos hídricos (Kumar et al., 2016), mientras que los resultados también validan estudios previos sobre la importancia crítica de la arquitectura en el rendimiento de sistemas de gestión ambiental (Sousa y Rocha, 2019). Estas mejoras significativas en eficiencia también respaldan investigaciones anteriores sobre la optimización de procesos en sistemas modernos de gestión ambiental y monitoreo de recursos hídricos (Moreno et al., 2018).

VI. CONCLUSIONES

- De acuerdo con el **objetivo general**, el diseño e implementación del sistema web demostró una influencia positiva y significativa en la gestión de información ambiental sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú. Esta mejora se evidencia en la capacidad del sistema para gestionar eficientemente los datos de 50 EPS a nivel nacional, procesando aproximadamente 8,700 reportes en el período de estudio. La plataforma demostró ser robusta y escalable, permitiendo el manejo simultáneo de múltiples usuarios y la generación de reportes en tiempo real. La arquitectura implementada, basada en tecnologías modernas como PostgreSQL y Angular, permitió una integración efectiva de los diversos módulos del sistema, facilitando la recopilación, procesamiento y análisis de datos ambientales. Esto ha resultado en una mejora integral en la gestión de información, proporcionando a las EPS una herramienta confiable y eficiente para monitorear y controlar los procesos de tratamiento de aguas residuales.
- En relación con el **primer objetivo específico** sobre la eficacia, los resultados demostraron un incremento significativo en el índice de eficacia, evidenciado en la mejora del porcentaje de reportes observados versus generados, que pasó de 9% a 98% (Figura 10). Esta mejora sustancial fue validada estadísticamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 25) y la prueba de Wilcoxon, que arrojó un p-valor de 0.000 (Tabla 26), confirmando la influencia positiva del sistema. La implementación logró optimizar significativamente la precisión y completitud del proceso de gestión de información, permitiendo un mejor control y seguimiento de los parámetros ambientales. El sistema demostró ser particularmente efectivo en la generación y validación de reportes, facilitando el cumplimiento de los requerimientos regulatorios y mejorando la calidad de la información generada. Esta mejora en la eficacia ha tenido un impacto directo en la capacidad de las EPS para tomar decisiones informadas y oportunas.

- Respecto al **segundo objetivo específico** sobre la eficiencia, se tuvo disminución significativa en los tiempos de procesamiento, donde el tiempo promedio para el cálculo de fórmulas se redujo de 25 minutos a 3 minutos (Figura 11). Esta mejora fue validada estadísticamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 27) y la prueba de Wilcoxon, que mostró un p-valor de 0.000 (Tabla 28), confirmando la significativa optimización en la eficiencia operativa. El sistema demostró una notable capacidad para el procesamiento de grandes cantidades de información en tiempo real, permitiendo cálculos complejos de manera rápida y precisa. La automatización de los procedimientos y la implementación de algoritmos optimizados resultaron disminución significativa en el tiempo necesitado para las operaciones de cálculo y generación de reportes. Esta mejora en la eficiencia ha permitido a las EPS dedicar más tiempo al análisis y toma de decisiones, en lugar de tareas operativas de procesamiento de datos.

VII. RECOMENDACIONES

- Para asegurar el éxito continuo del sistema web, se recomienda la implementación de un plan integral de capacitación para los usuarios, que debe incluir sesiones prácticas sobre todas las funcionalidades del sistema, con énfasis especial en los cálculos de emisiones GEI y la generación de reportes. Este plan debe complementarse con documentación detallada y guías de usuario actualizadas regularmente, facilitando materiales de referencia rápida y tutoriales interactivos.
- En el aspecto técnico, la optimización del rendimiento a largo plazo requiere establecer un riguroso programa de mantenimiento preventivo que incluya la limpieza regular de la base de datos, así mismo implementar sistemas de backup automatizados con frecuencia diaria, y el monitoreo constante del rendimiento del servidor y la velocidad de respuesta. Es crucial establecer umbrales de alerta claros para detectar potenciales dificultades de desempeño antes de que tengan afectación en la operación, así como mantener una documentación detallada de todos los procesos de mantenimiento y optimización realizados.
- Para garantizar la calidad de la información, se debe implementar una estructura robusta de validaciones en los formularios de entrada, estableciendo procesos de verificación cruzada para datos críticos y desarrollando reportes automáticos que identifiquen inconsistencias. Es importante crear un módulo específico de auditoría de calidad de información que ayude a seguir y controlar la información ingresada, estableciendo protocolos claros para la corrección de errores y manteniendo un registro histórico de todas las modificaciones realizadas.
- La seguridad y el cumplimiento normativo deben fortalecerse mediante la implementación de auditorías de garantía periódicas y las actualizaciones regulares de los protocolos de seguridad. Es esencial mantener un registro detallado de todos los accesos al sistema,

implementar políticas estrictas de cambio de contraseñas y establecer niveles de acceso claramente definidos para cada tipo de usuario, asegurando la protección continua de la información sensible.

- La evolución futura del sistema debe planificarse considerando el desarrollo de nuevos módulos basados en el feedback de los usuarios y la integración de tecnologías emergentes como machine learning para análisis predictivo. Es fundamental implementar dashboards personalizables según las necesidades específicas de cada EPS y crear APIs que faciliten la integración con otros sistemas, estableciendo un comité de mejora continua que evalúe y priorice las actualizaciones necesarias.
- La colaboración entre las EPS debe potenciarse mediante la implementación de un módulo de comunicación interno que facilite el intercambio de información y mejores prácticas. Es importante crear espacios virtuales para la colaboración, desarrollar un repositorio de conocimiento compartido y establecer grupos de trabajo para la resolución conjunta de problemas comunes, fomentando una comunidad activa de usuarios que usen el sistema.
- El escalamiento del sistema debe abordarse mediante una planificación cuidadosa de la infraestructura necesaria para el crecimiento futuro, evaluando regularmente la capacidad de procesamiento y almacenamiento. Es crucial implementar estrategias efectivas de balanceo de carga y desarrollar planes de contingencia robustos para manejar picos de demanda, documentando detalladamente todos los requerimientos de escalabilidad identificados.
- La gestión del conocimiento debe fortalecerse mediante la creación de una base de saberes centralizado y accesible para todos los usuarios, que incluya la documentación de casos de éxito y lecciones aprendidas. Es importante implementar un sistema de FAQ dinámico que se actualice con las consultas más frecuentes, desarrollar tutoriales interactivos que

faciliten el aprendizaje y establecer un programa de mentores que permita la transferencia efectiva de conocimiento entre usuarios experimentados y nuevos.

REFERENCIAS

- Acebes, A. (19 de Setiembre de 2019). *PostGIS para entender las bases de datos espaciales*. Adictos al trabajo. Recuperado el 22 de Mayo de 2023, de <https://www.adictosaltrabajo.com/2019/09/17/postgis-para-entender-las-bases-de-datos-espaciales/>
- Acuña, Y. J. (2022). *Sistema web para la gestión de la información en el área de catastro en una empresa de telecomunicaciones, Lima 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Norbert Wiener]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.13053/6611>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (22 de Noviembre de 2023). *EPA Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. <https://espanol.epa.gov/espanol/implementacion-de-la-leyes-sobre-el-agua>
- Barajas, J. D. (2020). *Sistema de medición y gestión integral de la trazabilidad interna del cultivo de camarón* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Colima]. Repositorio Institucional TecNM - Colima. <https://repositorio.institucional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/1500/3/JUAN%20DE%20DIOS%20BARAJAS%20CORONA%20tesis.pdf>
- Benavides, H. O., y León, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales [IDEAM]. <https://www.calameo.com/read/005708353ce3263e4d4a0>
- Benites, A. K. (2019). *Sistema de información vía web para mejorar el control de ficha catastral rural en el departamento La Libertad* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34108>

- Bughin, J., Hazan, E., San, J., Helsinki, L., Frankfurt, E., y Paris, E. (2019). *Notes From the AI frontier, Tackling Europe's gap in digital and AI*. McKinsey Quarterly. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/artificial%20intelligence/tackling%20europes%20gap%20in%20digital%20and%20ai/mgi-tackling-europes-gap-in-digital-and-ai-feb-2019-vf.pdf>
- Campbell, D. (1988). *Methodology and epistemology for social science: Selected*. Chicago: University of Chicago Press. https://www.goodreads.com/book/show/477961.Methodology_and_Epistemology_for_Social_Sciences
- Casado, R. (2019). *Introducción a HTML*. Gredos - Ediciones Universidad de Salamanca. https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/139647/BISITE_CasadoVaraR_HTML.pdf;jsessionid=5B9C645BD39228988889AE3AB469E8E0?sequence=1
- Cornejo, A. (8 de Diciembre de 2014). *Eclipse*. Gobierno de canarias. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/2014/12/08/eclipse/>
- Cuervo, V. (14 de Febrero de 2019). *¿Qué es Postman?*. AiT. <https://www.arquitectoit.com/postman/que-es-postman/>
- Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. (2013). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Diario Oficial del Bicentenario El Peruano. Lima, Lima, Perú.
- Decreto Supremo N° 015-2017-VIVIENDA. (2017). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Diario Oficial del Bicentenario El Peruano. Lima, Lima, Perú.

Decreto Supremo N°015-2017-VIVIENDA. (2017). Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Diario Oficial del Bicentenario, El Peruano. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <https://nike.vivienda.gob.pe/dgaa/Archivos/DS-015-2017-VIVIENDA-norma%20legales.pdf>

Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. (2019). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Diario Oficial del Bicentenario, El Peruano. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3/>

Diaz, M. (28 de Abril de 2017). *Por qué tu negocio debe tener una aplicación web o de escritorio*. Fuego Yámana. <https://www.fuegoyamana.com/aplicacion-web-o-de-escritorio-para-tu-negocio/>

Equipo editorial GoDaddy. (4 de Octubre de 2019). *¿Qué es un sitio web?*. GoDaddy. <https://pe.godaddy.com/blog/que-es-un-sitio-web/>

Eterovic, J., y Donadello, D. (Noviembre de 2015). *Identificación de los niveles de Integridad de la Seguridad en el desarrollo de software crítico para sistemas ferroviarios*. Universidad Nacional de La Matanza, Repositorio UNLaM. <https://repositoriocyt.unlam.edu.ar/bitstream/123456789/393/1/Identificaci%c3%b3n%20de%20los%20niveles%20de%20integridad%20de%20la%20seguridad%20en%20el%20desarrollo%20de%20software%20cr%c3%adtico%20para%20sistemas%20ferroviarios.pdf>

- EuroNews. (16 de Mayo de 2023). *España y Alemania: líderes en estrategias para depurar y reciclar el agua en Europa*.
<https://es.euronews.com/green/2023/05/16/espana-y-alemania-lideres-en-estrategias-para-depurar-y-reciclar-el-agua-en-europa>
- Cimas, G. (22 de Julio de 2022). *Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece*. OpenWebinars. <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>
- Gallegos, C. M., Viscaíno, M. A., y Villacrés, S. R. (2020). Reliability, maintainability and availability study applied to prime generator sets. *ConcienciaDigital*, 3(3), 44-61. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1266>
- Gimenez, M. (20 de Julio de 2020). *Amazon Web Services (AWS): ¿Qué es y qué ofrece?*. Hiberus blog. <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/amazon-web-services-aws-que-es-y-que-ofrece/>
- Gonçalves, M. (13 de Octubre de 2021). *¿Qué es Angular y para qué sirve?*. Hiberus: <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-angular-y-para-que-sirve/>
- Gustavo, B. (10 de Julio de 2025). *¿Qué es HTML y para qué sirve? Guía completa con elementos y funciones básicas*. Hostinger Tutoriales. <https://www.hostinger.com/es/tutoriales/que-es-html>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. D. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- International Business Machines Corporation [IBM]. (5 de Marzo de 2021). *Archivos WAR (Web Archive)*. Rational Software Architect Standard Edition. <https://www.ibm.com/docs/es/rsas/7.5.0?topic=projects-web-archive-war-files>

- Kumar, V., Dixit, A., Javalgi, R. R., y Dass, M. (2016). Research framework, strategies, and applications of intelligent agent technologies (IATs) in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 44(1).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11747-015-0426-9>
- Losada, E. H. (2019). *Qué importancia tiene la toma de decisiones para el desarrollo*. Bogotá. [Tesis de Grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG.
<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/9100b46b-63c4-4c14-bebe-49bb72d05a43/content>
- Machuca, F. (11 de Enero de 2022). *¿Qué es TypeScript y para qué sirve?*. Crehana.
<https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/que-es-typescript/>
- Manotupa, L., y Muriel, J. (2018). *Propuesta elaboración de una guía para el proceso de diseño en proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú*. [Tesis de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas] Repositorio académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/623193>
- MDN contributors. (5 de Setiembre de 2022). *¿Qué es una URL?*. MDN web docs:
https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Common_questions/What_is_a_URL
- Mejía C., C. (1998). *Indicadores de efectividad y eficacia*. Documentos planning.
http://www.planning.com.co/bd/valor_agregado/Octubre1998.pdf
- Melissa, N., y Ramael, E. (Marzo de 2019). *¿Qué es la funcionalidad en calidad de software?*. Calidad de software. <https://calisoftwares.blogspot.com/2019/03/que-es-la-funcionalidad-en-calidad-de.html>
- Mera, M., Zambrano, J., Palacios, I., y Zambrano, C. (2019). Aplicación web para gestionar los procesos administrativos de las Asociaciones Agropecuarias del

- cantón Chone de la provincia de Manabí. *Revista Científica Sinapsis*, 2(15).
<https://doi.org/10.37117/s.v2i15.200>
- Merino, C. (2010). *Estudio y selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales domesticas aplicadas a las cabeceras cantonales con poblaciones menores a 5000 habitantes mediante métodos naturales de la provincia de Loja*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica Particular de Loja] Repositorio Institucional de la UTPL.
<https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1343/3/Carlos.pdf>
- Moreno, J. R., y Dueñas, B. L. (2018). Sistemas de información empresarial: la información como recurso, Esmeraldas - Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 141-154. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6255073.pdf>
- Muñoz, A., Mendoza, S., y Roncancio Moreno, C. (2018). *Implementación de un sistema de información geográfica para las plantas de tratamiento de agua potable y residual de la Armada Nacional de Colombia*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17930>
- Núñez, E. (2021). *La world wide web: una revolución que nos convirtió en ciudadanos de internet*. Crehana. <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/world-wide-web/>
- Obregon, M., Carrasco, L., y Garay, J. P. (2017). *Sistema Web para el Seguimiento y Control del proceso de parámetros de calidad de agua y ambiente en el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) del Ministerio de Producción del Perú*. [Tesis de Grado, Universidad Peruana de Las Américas], Repositorio institucional.
<http://repositorio.ulasamericas.edu.pe/handle/upa/166>
- Oracle. (2025). *Java*. Oracle Java. <https://www.java.com/es/>

- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1989). *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura*. Perú.
<https://iris.who.int/handle/10665/39350>
- Peiró, R. (29 de Setiembre de 2020). *Información*. Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/informacion-2.html>
- Pérez, G., Gisbert, V., y Pérez, E. (2017). *Reingeniería de procesos*. España. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 81-91.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6300068>
- pgAdmin Group. (2025). *PgAdmin*. pgAdmin - PostgreSQL Tools.
<https://www.pgadmin.org/>
- Piñero, M., Marin Diaz, A., rujillo Casañola, Y., y Buedo Hidalgo, D. (2021). Buenas prácticas para prevenir los riesgos de la eficiencia del desempeño en los productos de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(1), 89-113
<http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v15n1/2227-1899-rcci-15-01-89.pdf>
- PostgreSQL Global Development Group. (2025). *PostgreSQL Global Development Group*. The World's Most Advanced Open Source Relational Database.
<https://cloud.google.com/discover/what-is-postgresql>
- Quindi, R. O., Ortíz, P., y Crespo, E. (2018). SIGAP: Sistema Informático para la gestión de Agua Potable. *Memorias Y Boletines De La Universidad Del Azuay*, 141-165.
<https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/184>
- Ramírez, T. (1999). *Como hacer un proyecto de investigación*. Caracas:Carhel.
- Red Hat. (14 de Marzo de 2018). *Temas ¿Qué es el cloud computing?*. Red Hat:
<https://www.redhat.com/es/topics/cloud>

- Amador-Díaz, A., Veliz-Lorenzo, E., & Bataller-Venta, M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 46, 1-10.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003>
- Rouse, M. (1 de Abril de 2021). *Base de datos relacional*. ComputerWeekly.
<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Base-de-datos-relacional>
- Gillis, A. (1 de Abril de 2021). *Servidor web*. ComputerWeekly.
<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Servidor-web#:~:text=Un%20servidor%20web%20es%20un,de%20la%20World%20Wide%20Web.>
- Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA]. (2010). *Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda*. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Sousa, J., y Rocha, Á. (2019). Digital learning: Developing skills for digital transformation of organizations. *Future Generation Computer Systems*, 91, 327-334.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X18311191?via%3Dihub>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (8 de Junio de 2022). *SUNASS*. Obtenido de: <https://www.sunass.gob.pe/lima/el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020/#:~:text=De%20las%20171%20PTAR%20en,contrato%20de%20concesi%C3%B3n%20o%20convenio.>

Union Europea. (Abril de 2024). *La protección y la gestión de las aguas*. Europarl.

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/74/la-proteccion-y-la-gestion-de-las-aguas>

Vazques, P. (2020). Frameworks y lenguajes de desarrollo para Frontend. *Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, (36).

<https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleq1a/documentos/Numero36/Numero-36.pdf>

Govea, J., Ocampo, E., Revelo-Tapia, S., y Villegas-Ch, W. (2023). Optimization and Scalability of Educational Platforms: Integration of Artificial Intelligence and

Cloud Computing. *Computers*, 12(11), 223. <https://www.mdpi.com/2073-431X/12/11/223>

ANEXOS

A. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Método
¿En qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú?	Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú.	El diseño e implementación de un sistema web influye significativamente la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú			Propuesta de Acción	El trabajo de investigación realizado en esta tesis se clasifica como descriptivo y explicativo. El diseño de la investigación el Pre Experimental y Transversal.
PE ₁ : ¿De qué manera el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficacia en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú?	OE ₁ : Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú	HE ₁ : El diseño e implementación de un sistema web influye significativamente en la eficacia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú	Gestión de información	Eficacia	Índice de Eficacia	Población - Conjunto de usuarios especialistas de las EPS nivel nacional. Población total: 50 personas (1 por cada EPS). - Conjunto de reportes generados en el ámbito temporal. Población total: 8700 reportes generados.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Método
PE ₂ : ¿De qué manera diseño e implementación de un sistema web influye en la eficiencia en la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú?	OE ₂ : Determinar en qué medida el diseño e implementación de un sistema web influye en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú	HE ₂ : El diseño e implementación de un sistema web influye significativamente en la eficiencia de la gestión de información ambiental a partir de datos sobre el tratamiento de aguas residuales en el Perú		Eficiencia	Índice de Eficiencia	<p>Unidad de análisis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cada EPS registrada en el Sistema (50 en total) - Cada reporte generado. <p>Descripción del método de muestreo</p> <p>Para el caso de los usuarios del sistema, la muestra es censal.</p> <p>Para los reportes generados, la muestra es no probabilística por criterio</p> <p><u>Instrumento</u></p> <p>Fichas de registro para las dimensiones eficacia y eficiencia</p>

B. Ficha de observación de Numero de reportes generados – Pre-Test

Ficha de observacion de Numero de reportes generados Trimestral									
Investigador/es:		Guevara Puente, Favio Jesus							
Proceso observado:		Cantidad de reportes válidos							
Pre - Test									
N° de Obs	EPS	Cantidad de reportes generados			Cantidad de reportes observados			Reportes esperados	Eficacia: % (Reportes generados - Reportes observados) / Reportes esperados
		Oct 2023	Nov 2023	Dic 2023	Oct 2023	Nov 2023	Dic 2023		
1	EMUSAP S.A.	5	4	4	4	3	3	30	10.00%
2	SEDA HUANUCO S.A.	5	3	3	4	2	2	30	10.00%
3	EMAPACOP S.A.	3	3	4	2	2	3	30	10.00%
4	EPS SEDALORETO S.A.	3	5	4	2	4	3	30	10.00%
5	EMAPA CAÑETE S.A.	4	3	3	3	2	2	30	10.00%
6	EMSA PUNO S.A.	2	3	3	1	2	2	30	10.00%
7	EPSSMU S.A.	3	4	4	2	3	3	30	10.00%
8	AGUA TUMBES S.A.	3	3	4	2	2	3	30	10.00%
9	EMAPA PASCO S.A.	5	3	3	4	2	2	30	10.00%
10	EMAPISCO S.A.	4	3	3	3	2	2	30	10.00%
11	SEDACAJ S.A.	3	2	3	2	1	2	30	10.00%
12	EPS TACNA S.A.	3	4	4	2	3	3	30	10.00%
13	EMAPAVIGS S.A.C.	3	4	5	2	3	4	30	10.00%
14	SEDACHIMBOTE S.A.	4	2	2	3	1	1	30	10.00%
15	SEDA AYACUCHO S.A.	1	2	2	1	1	1	30	6.67%
16	EMAPA SAN MARTIN S.A.	2	2	3	1	1	2	30	10.00%
17	EMAPAT S.R.L	2	2	4	1	1	3	30	10.00%
18	SEMAPACH S.A.	4	4	3	3	3	2	30	10.00%
19	EPS SELVA CENTRAL S.A.	3	3	2	2	2	1	30	10.00%
20	EPS MOYOBAMBA S.R.L	2	1	3	1	1	2	30	6.67%
21	EMAPA HUANCAMELICA S.A.C.	2	2	3	1	1	2	30	10.00%
22	EPS MOQUEGUA S.A.	4	4	5	3	3	4	30	10.00%
23	EMAPA-Y S.R.L.	2	2	2	1	1	1	30	10.00%
24	EMAPA HUARAL S.A.	4	3	2	3	2	1	30	10.00%
25	EMAPA HUACHO S.A.	2	2	3	1	1	2	30	10.00%
26	SEDAPAL S.A.	1	2	4	1	1	3	30	6.67%
27	EPS ILO S.A.	3	2	1	2	1	1	30	6.67%
28	SEDALIB S.A.	2	1	2	1	1	1	30	6.67%
29	EPSEL S.A.	4	3	2	3	2	1	30	10.00%
30	SEDAPAR S.A.	2	2	1	1	1	1	30	6.67%
31	SEDACUSCO S.A.	2	2	2	1	1	1	30	10.00%
32	EPS GRAU S.A.	3	1	1	2	1	1	30	3.33%
33	EPS CHAVIN S.A.	3	1	1	2	1	1	30	3.33%
34	EPS EMAQ S.R.L	2	2	1	1	1	1	30	6.67%
35	EMAPAB S.A.	3	2	2	2	1	1	30	10.00%
36	SEMAPA BARRANCA S.A.	1	2	4	1	1	3	30	6.67%
37	EMAPICA S.A.	5	3	3	4	2	2	30	10.00%
38	EMPSSAPAL S.A.	3	2	3	2	1	2	30	10.00%
39	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L	4	3	5	3	2	4	30	10.00%
40	EPS NOR PUNO S.A.	3	3	2	2	2	1	30	10.00%
41	EPS SEDAJULIACA S.A.	4	3	5	3	2	4	30	10.00%
42	EPS MANTARO S.A.	3	2	3	2	1	2	30	10.00%
43	EMUSAP ABANCAY S.A.	4	3	5	3	2	4	30	10.00%
44	EMSAP CHANKA S.R.L	2	3	2	1	2	1	30	10.00%
45	EPS MARAÑON S.R.L	3	5	4	2	4	3	30	10.00%
46	SEDAM HUANCAYO S.A.	3	3	3	2	2	2	30	10.00%
47	EMSAPA CALCA S.R.L	2	2	4	1	1	3	30	10.00%
48	AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L	2	2	1	1	1	1	30	6.67%
49	EMSAPA YAULI LA OROYA SRL	3	4	3	2	3	2	30	10.00%
50	EPS RIOJA S.A.	3	2	1	2	1	1	30	6.67%

C. Ficha de observación de Numero de reportes generados – Post-Test

Ficha de observacion de Numero de reportes generados Trimestral									
Investigador/es:		Guevara Puente, Favió Jesús							
Proceso observado:		Cantidad de reportes válidos							
Post - Test									
N° de Obs	EPS	Cantidad de reportes generados			Cantidad de reportes observados			Reportes esperados	Eficacia: % (Reportes generados - Reportes observados) / Reportes esperados
		Ene 2024	Feb 2024	Mar 2024	Ene 2024	Feb 2024	Mar 2024		
1	EMUSAP S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
2	SEDA HUANUCO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
3	EMAPACOP S.A.	9	9	10	0	0	0	30	93.33%
4	EPS SEDALORETO S.A.	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
5	EMAPA CAÑETE S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
6	EMSA PUNO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
7	EPSSMU S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
8	AGUA TUMBES S.A.	9	9	10	0	0	0	30	93.33%
9	EMAPA PASCO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
10	EMAPISCO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
11	SEDACAJ S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
12	EPS TACNA S.A.	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
13	EMAPAVIGS S.A.C.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
14	SEDACHIMBOTE S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
15	SEDA AYACUCHO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
16	EMAPA SAN MARTIN S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
17	EMAPAT S.R.L	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
18	SEMAPACH S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
19	EPS SELVA CENTRAL S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
20	EPS MOYOBAMBA S.R.L.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
21	EMAPA HUANCVELICA S.A.C.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
22	EPS MOQUEGUA S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
23	EMAPA-Y S.R.L.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
24	EMAPA HUARAL S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
25	EMAPA HUACHO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
26	SEDAPAL S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
27	EPS ILO S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
28	SEDALIB S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
29	EPSEL S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
30	SEDAPAR S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
31	SEDACUSCO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
32	EPS GRAU S.A.	9	9	10	0	0	0	30	93.33%
33	EPS CHAVIN S.A.	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
34	EPS EMAQ S.R.L.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
35	EMAPAB S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
36	SEMAPA BARRANCA S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
37	EMAPICA S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
38	EMPSSAPAL S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
39	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	9	9	10	0	0	0	30	93.33%
40	EPS NOR PUNO S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
41	EPS SEDAJULIACA S.A.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
42	EPS MANTARO S.A.	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
43	EMUSAP ABANCAY S.A.	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
44	EMSAP CHANKA S.R.L	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
45	EPS MARAÑON S.R.L.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
46	SEDAM HUANCAYO S.A.	9	10	10	0	0	0	30	96.67%
47	EMSAPA CALCA S.R.L.	10	10	10	0	0	0	30	100.00%
48	AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
49	EMSAPA YAULI LA OROYA SRL	10	9	10	0	0	0	30	96.67%
50	EPS RIOJA S.A.	10	9	10	0	0	0	30	96.67%

D. Ficha de observación de Tiempo de cálculo de fórmulas – Pre-Test

Ficha de observación de Tiempo de calculo de formulas					
Investigador/es:		Guevara Puente			
Proceso observado:		Tiempo de calculo de formulas (segundos)			
Pre - Test					
N° de Obs	Usuario y/o Funcion	Fecha	Ta: Tiempo empleado para calculo de formulas (segundos)	Tn: Tiempo proyectado para calculo de formulas (segundos)	Eficiencia: % Tiempo empleado / Tiempo proyectado
1	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	13/02/2024	1670	1800	92.78%
2	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	13/02/2024	1790	1800	99.44%
3	Especialista aguas residuales	14/02/2024	1370	1800	76.11%
4	Especialista ambiental	14/02/2024	1370	1800	76.11%
5	Responsable monitoreo PTAR	15/02/2024	1430	1800	79.44%
6	Gerente de línea	15/02/2024	1730	1800	96.11%
7	Gerente de línea	16/02/2024	1430	1800	79.44%
8	Gerente de línea	16/02/2024	1460	1800	81.11%
9	Responsable monitoreo PTAR	17/02/2024	1380	1800	76.67%
10	Especialista aguas residuales	17/02/2024	1550	1800	86.11%
11	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	18/02/2024	1790	1800	99.44%
12	Responsable monitoreo PTAR	18/02/2024	1370	1800	76.11%
13	Gerente de línea	19/02/2024	1550	1800	86.11%
14	Gerente de línea	19/02/2024	1730	1800	96.11%
15	Especialista aguas residuales	20/02/2024	1550	1800	86.11%
16	Especialista aguas residuales	20/02/2024	1610	1800	89.44%
17	Responsable monitoreo PTAR	21/02/2024	1430	1800	79.44%
18	Especialista ambiental	21/02/2024	1550	1800	86.11%
19	Responsable monitoreo PTAR	22/02/2024	1400	1800	77.78%
20	Especialista aguas residuales	22/02/2024	1490	1800	82.78%
21	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	23/02/2024	1490	1800	82.78%
22	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	23/02/2024	1420	1800	78.89%
23	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	24/02/2024	1490	1800	82.78%
24	Gerente de línea	24/02/2024	1450	1800	80.56%
25	Especialista aguas residuales	25/02/2024	1480	1800	82.22%
26	Especialista ambiental	25/02/2024	1730	1800	96.11%
27	Especialista ambiental	26/02/2024	1360	1800	75.56%
28	Especialista ambiental	26/02/2024	1610	1800	89.44%
29	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	27/02/2024	1610	1800	89.44%
30	Gerente de línea	27/02/2024	1410	1800	78.33%
31	Gerente de línea	28/02/2024	1670	1800	92.78%
32	Gerente de línea	28/02/2024	1620	1800	90.00%
33	Especialista ambiental	29/02/2024	1370	1800	76.11%
34	Secretario/a de la gerencia (general o de línea)	29/02/2024	1550	1800	86.11%
35	Especialista aguas residuales	1/03/2024	1430	1800	79.44%
36	Especialista ambiental	1/03/2024	1430	1800	79.44%
37	Especialista ambiental	2/03/2024	1610	1800	89.44%
38	Especialista ambiental	2/03/2024	1390	1800	77.22%
39	Gerente de línea	3/03/2024	1550	1800	86.11%
40	Especialista aguas residuales	3/03/2024	1370	1800	76.11%
41	Especialista ambiental	4/03/2024	1610	1800	89.44%
42	Especialista aguas residuales	4/03/2024	1490	1800	82.78%
43	Especialista aguas residuales	5/03/2024	1610	1800	89.44%
44	Responsable monitoreo PTAR	5/03/2024	1490	1800	82.78%
45	Especialista ambiental	6/03/2024	1670	1800	92.78%
46	Especialista aguas residuales	6/03/2024	1620	1800	90.00%
47	Especialista ambiental	7/03/2024	1429	1800	79.39%
48	Especialista ambiental	7/03/2024	1390	1800	77.22%
49	Responsable monitoreo PTAR	8/03/2024	1730	1800	96.11%
50	Especialista ambiental	8/03/2024	1430	1800	79.44%

E. Ficha de observación de Tiempo de cálculo de fórmulas – Post-Test

Ficha de observación de Tiempo de calculo de formulas					
Investigador/es:		Guevara Puente			
Proceso observado:		Tiempo de calculo de formulas (segundos)			
Post - Test					
N° de Obs	Usuario y/o Funcion	Fecha	Ta: Tiempo empleado para calculo de formulas (segundos)	Tn: Tiempo proyectado para calculo de formulas (segundos)	Eficiencia: % Tiempo empleado / Tiempo proyectado
1	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	10/03/2024	144	300	48.00%
2	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	10/03/2024	142	300	47.33%
3	Especialista aguas residuales	11/03/2024	187	300	62.33%
4	Especialista ambiental	11/03/2024	173	300	57.67%
5	Responsable monitoreo PTAR	12/03/2024	152	300	50.67%
6	Gerente de linea	12/03/2024	144	300	48.00%
7	Gerente de linea	13/03/2024	143	300	47.67%
8	Gerente de linea	13/03/2024	194	300	64.67%
9	Responsable monitoreo PTAR	14/03/2024	142	300	47.33%
10	Especialista aguas residuales	14/03/2024	152	300	50.67%
11	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	15/03/2024	198	300	66.00%
12	Responsable monitoreo PTAR	15/03/2024	176	300	58.67%
13	Gerente de linea	16/03/2024	187	300	62.33%
14	Gerente de linea	16/03/2024	141	300	47.00%
15	Especialista aguas residuales	17/03/2024	165	300	55.00%
16	Especialista aguas residuales	17/03/2024	171	300	57.00%
17	Responsable monitoreo PTAR	18/03/2024	170	300	56.67%
18	Especialista ambiental	18/03/2024	165	300	55.00%
19	Responsable monitoreo PTAR	19/03/2024	187	300	62.33%
20	Especialista aguas residuales	19/03/2024	171	300	57.00%
21	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	20/03/2024	147	300	49.00%
22	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	20/03/2024	179	300	59.67%
23	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	21/03/2024	190	300	63.33%
24	Gerente de linea	21/03/2024	178	300	59.33%
25	Especialista aguas residuales	22/03/2024	184	300	61.33%
26	Especialista ambiental	22/03/2024	180	300	60.00%
27	Especialista ambiental	23/03/2024	151	300	50.33%
28	Especialista ambiental	23/03/2024	171	300	57.00%
29	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	24/03/2024	155	300	51.67%
30	Gerente de linea	24/03/2024	162	300	54.00%
31	Gerente de linea	25/03/2024	174	300	58.00%
32	Gerente de linea	25/03/2024	169	300	56.33%
33	Especialista ambiental	26/03/2024	175	300	58.33%
34	Secretario/a de la gerencia (general o de linea)	26/03/2024	169	300	56.33%
35	Especialista aguas residuales	27/03/2024	192	300	64.00%
36	Especialista ambiental	27/03/2024	189	300	63.00%
37	Especialista ambiental	28/03/2024	150	300	50.00%
38	Especialista ambiental	28/03/2024	195	300	65.00%
39	Gerente de linea	29/03/2024	158	300	52.67%
40	Especialista aguas residuales	29/03/2024	167	300	55.67%
41	Especialista ambiental	30/03/2024	158	300	52.67%
42	Especialista aguas residuales	30/03/2024	195	300	65.00%
43	Especialista aguas residuales	31/03/2024	194	300	64.67%
44	Responsable monitoreo PTAR	31/03/2024	177	300	59.00%
45	Especialista ambiental	1/04/2024	192	300	64.00%
46	Especialista aguas residuales	1/04/2024	172	300	57.33%
47	Especialista ambiental	2/04/2024	170	300	56.67%
48	Especialista ambiental	2/04/2024	197	300	65.67%
49	Responsable monitoreo PTAR	3/04/2024	151	300	50.33%
50	Especialista ambiental	3/04/2024	186	300	62.00%

F. Propuesta de Acción

Considerando los requerimientos técnicos identificados y el análisis del entorno tecnológico actual, se propone la implementación de un sistema web basado en una arquitectura moderna y escalable para la gestión de información ambiental de las EPS. La propuesta se estructura en las siguientes fases:

a) Evaluación de Arquitectura y Stack Tecnológico

- Análisis de requisitos de infraestructura y selección de tecnologías:
 - Frontend: Angular con TypeScript
 - Backend: Java Spring Boot
 - Base de datos: PostgreSQL con extensión PostGIS
 - Servidor: AWS EC2 (de no tener un servidor propio)
- Evaluación de requerimientos de seguridad y compliance
- Definición de la arquitectura de microservicios
- Establecimiento de estándares de desarrollo y documentación

b) Diseño del Sistema

- Desarrollo de la arquitectura detallada:
 - Diseño de la base de datos relacional
 - Definición de APIs RESTful
 - Arquitectura de componentes frontend
 - Diseño de la capa de servicios

c) Implementación y Desarrollo

- Configuración del entorno de desarrollo:
 - Implementación de CI/CD con GitHub Actions
 - Configuración de entornos (desarrollo, QA, producción)
- Desarrollo iterativo por módulos:
 - Sistema de autenticación y autorización
 - Módulo de Información General
 - Módulo de gestión Ambiental

- Módulo de gestión de PTAR
- Sistema de reportería
- Implementación de pruebas automatizadas:
 - Unit testing
 - Integration testing

d) Capacitación a los usuarios

Se elaboro el siguiente cronograma para la capacitación de los usuarios de los 3 módulos:

Tabla 29

Cronograma de capacitación para el Módulo Información General

Grupo / Dia	L	M	M	J
Grupo 1 (20 usuarios)	Parte 1: 9:30am - 11:30am		Parte 2: 9:30am - 11:30am	
Grupo 2 (20 usuarios)	Parte 1: 2:30pm -4:30pm		Parte 2: 2:30pm -4:30pm	
Grupo 3 (20 usuarios)		Parte 1: 9:30am - 11:30am		Parte 2: 9:30am - 11:30am

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30

Cronograma de capacitación para el Módulo de Gestión PTAR

Grupo / Dia	L	M	M	J	V
Grupo 1 (20 usuarios)	Parte 1: 9:30am - 11:30am		Parte 2: 9:30am - 11:30am		Parte 3: 9:00am - 11:00am
Grupo 2 (20 usuarios)	Parte 1: 2:30pm - 4:30pm		Parte 2: 2:30pm - 4:30pm		Parte 3: 11:10am - 1:10pm
Grupo 3 (20 usuarios)		Parte 1: 9:30am - 11:30am		Parte 2: 9:30am - 11:30am	Parte 3: 3:00pm - 5:00pm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31*Cronograma de capacitación para el Módulo de Gestión Ambiental*

Grupo / Dia	L	M	M	J	V
Grupo 1 (20 usuarios)	Parte 1: 9:30am - 11:30am		Parte 2: 9:30am - 11:30am		Parte 3: 9:00am - 11:00am
Grupo 2 (20 usuarios)	Parte 1: 2:30pm - 4:30pm		Parte 2: 2:30pm - 4:30pm		Parte 3: 11:10am - 1:10pm
Grupo 3 (20 usuarios)		Parte 1: 9:30am - 11:30am		Parte 2: 9:30am - 11:30am	Parte 3: 3:00pm - 5:00pm

Fuente: Elaboración Propia

e) Monitoreo Técnico y Optimización

- Tiempos de respuesta de APIs
- Uso de recursos del servidor
- Performance de queries a base de datos
- Disponibilidad del sistema

f) Mejoras Técnicas y Optimización

- Optimización continua basada en métricas:
 - Query optimization
 - Caching strategies
 - Load balancing
 - Database indexing
- Implementación de mejoras de seguridad:
 - Penetration testing
 - Security patches
 - Vulnerability assessments

g) Evaluación Técnica de Resultados

- Análisis de métricas técnicas:

- Tiempo de respuesta promedio
- Throughput del sistema
- Tasa de errores
- Disponibilidad del servicio
- Evaluación de KPIs técnicos:
 - Tiempo de generación de reportes
 - Precisión en cálculos de fórmulas
 - Escalabilidad del sistema

Esta propuesta técnica tiene como objetivo implementar un sistema robusto, escalable y mantenible que cumpla con los requerimientos de procesamiento y seguridad necesarios para la gestión eficiente de información ambiental. La arquitectura propuesta garantiza alta disponibilidad, procesamiento eficiente y seguridad de datos, fundamentales para el éxito del proyecto.