



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS:

“Propuesta de mejora de una planta de tratamiento de
agua residual, en la industria automotriz bajo la norma
ISO14001-2015”

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Licenciatura en Ingeniería Ambiental.

PRESENTA:

Mary Sol Durand Ramírez

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Juana Deisy Santamaría Juárez

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. Miguel Ángel Hernández Espinoza

Puebla, Pue. Noviembre 2022

AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo fue realizado gracias al apoyo y gestión de la Dra. Juana Deysi Santamaría Juárez quien desde la primera vez que propuse la idea de investigación me ha acompañado y ayudado a culminar este proyecto así como también el Dr. Miguel Ángel Hernández Espinoza y Dra. María de los Ángeles Velazco Hernández gracias por sus consejos, observaciones y paciencia durante este proceso.

El Mtro. Ángel Silveti con quien tuve oportunidad de trabajar en el salón de clases siendo mi pedagogo, quien me mostro y despertó la curiosidad por la legislación ambiental.

A los ingenieros Ángel, Alfredo, Bernando, Oswaldo y Carlos por creer en mi trabajo, darme la oportunidad de trabajar junto con ellos en distintos ámbitos, ser mi primer acercamiento con la industria y apoyarme en cada nuevo aprendizaje como compañeros y amigos.

A Pilar H. Ramirez, Guillermo H. Ramírez, y Oscar Vázquez, quienes me prepararon para poder ingresar a la universidad y quienes apoyaron mis pasos por todo mi trayecto de formación.

A mi hermana Tishbe Durand Ramírez quien me capacitó y acompañó durante la realización de esta investigación, dándome sus consejos tanto como mi maestra, así como estando presente como mi compañera de vida.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, a mis ángeles y al universo por poner siempre en mi camino a personas que apoyan mis sueños y metas. Por otorgarme a mis guías de vida quienes son mi ejemplo más grande para conseguir cada uno de mis propósitos, por quienes estoy hoy aquí, quienes han sujetado mi mano con mucho amor, paciencia y cariño. Han creado de mí una persona con las capacidades para lograr sus objetivos mi mamá Mary Sol, mi papá Efren y mi hermana Tishbe quienes han estado ahí en cada paso y escalón de mi vida, ellos han creído en mí inclusive más que yo. Infinitas gracias por todo su amor.

A mis tías quienes con sus consejos, amor y experiencia me han abrazado y han estado presentes en cada etapa de mi vida, así como en mi formación profesional aquí y del otro lado del mundo. A mi sobrina marifer quien ha crecido conmigo y jugando descubrimos siempre un nuevo mundo.

A mi abuelita Guadalupe quien ha estado aquí acompañando y siendo la más orgullosa hasta el más pequeño de sus gatitos.

A mis tíos, primas y primos quienes son un ejemplo grande sobre cómo alcanzar los sueños.

Mis estudio como esta investigación en memoria y homenaje de

Ing. Carlos Ramírez Juárez

María Auxilio Ramírez Juárez

Marcela Ramírez Juárez

*“Gracias por acompañar mis pasos y ser esa luz
que ilumina mi camino, mis palabras
y mi alma con mucho amor”.*

ÍNDICE

INTRODUCCION	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	14
GENERAL	14
ESPECÍFICOS	14
HIPÓTESIS	14
CAPÍTULO 1	15
ANTECEDENTES	15
PRINCIPALES FUNCIONES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	28
CAPÍTULO 2	34
METODOLOGÍA	34
ETAPAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	34
DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE INVESTIGACIÓN	36
CAPÍTULO 3	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Tratamiento de aguas residuales industriales, 2018.	22
Tabla 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por entidad federativa, 2018.....	24
Tabla 3. Clasificación de algunos protozoarios y helmintos transmitidos ambientalmente.....	28
Tabla 4. Concentraciones tóxicas que se pueden encontrar en descarga de agua de industria de manufactura.....	31
Tabla 5. Permisos que debe cumplir una Planta de Tratamiento de Agua Residual.	32
Tabla 6. Programación de visitas.	36
Tabla 7. Programación juntas con coordinador ambiental y responsable.	37
Tabla 8. Seguimiento a la programación de visitas.....	42
Tabla 9. Resultado de la encuesta realizada a los operadores.	43
Tabla 10. Resultado de la encuesta realizada al coordinador ambiental y responsable de la planta.....	45
Tabla 11. Infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.	47
Tabla 12. Infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual con imágenes.	51
Tabla 13. Parámetros y límites máximos permisibles de contaminantes del efluente para su descarga final de alcantarillado o reúso.	72
Tabla 14. Planeación de reuniones en torno a Planta de Tratamiento de Agua Residual.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Mapa 1. Mapa hidrológico del sitio	16
Mapa 2. Cuencas que componen el estado de Puebla	17
Figura 1. Metodología para la realización de la investigación.....	35
Figura 2. Ciclo PHVA para desarrollo de la investigación.....	41
Figura 3. Ciclo PHVA, extracto “Planear” para desarrollo de la investigación.....	50
Figura 4. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.	56
Figura 5. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual	57
Figura 6. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual	57
Figura 7. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.	57
Figura 8. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual	58
Figura 9. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual	58
Figura 10. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.	59
Figura 11. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.	59
Figura 12. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual	60
Figura 13. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.	60
Figura 14. Ciclo PHVA, extracto “Hacer” para desarrollo de la investigación.	69
Figura 15. Ciclo PHVA, extracto “Verificar” para desarrollo de la investigación.	74
Figura 16. Ciclo PHVA, extracto “Actuar” para desarrollo de la investigación.	76

INTRODUCCIÓN

La industria automotriz es una de las más importantes del sector estratégico para la economía mexicana, ya que dentro de las plantas se producen miles de empleos para los pobladores. El estado de Puebla cuenta con un mayor número de industrias de la rama automotriz. De acuerdo con el sitio The Logistic World “en Puebla existen más de 100 empresas dedicadas al ramo automotriz, así mismo se ubican 107 de las 2 mil 811 unidades económicas que existen en el país dedicadas a esta industria” (World,The Logistic, 2022).

Existen procesos de maquinado dentro de la industria que pueden llegar a utilizar agua para su funcionamiento, como lo es el proceso de “Estampado en caliente”. Estos procesos generan descargas de agua la cuáles deben tener un tratamiento después de su utilización para su disposición final, ya sea para el flujo municipal, reutilización o aprovechamiento interno en la industria.

Dichos procesos generan impactos en el medio ambiente, ya que producen contaminación si no se tratan de la manera correcta trayendo con ello distintos problemas a la población, como pueden ser enfermedades. Para controlar dichas descargas se integran en la industria Plantas de Tratamiento de Agua Residual en las cuales se integran procesos para controlar las cargas de contaminantes, dichos tratamientos están normados por la legislación mexicana así como también para su constante actualización y control se aplican distintas normas en materia de calidad como lo es la norma ISO 14001-2015.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria automotriz es una de las más importantes del sector estratégico para la economía mexicana, ya que dentro de las plantas se producen miles de empleos para los pobladores. El estado de Puebla cuenta con un mayor número de industrias de la rama automotriz. De acuerdo con el sitio The Logistic World “en Puebla existen más de 100 empresas dedicadas al ramo automotriz, así mismo se ubican 107 de las 2 mil 811 unidades económicas que existen en el país dedicadas a esta industria” (World,The Logistic, 2022).

La industria automotriz es un compendio de diversas empresas las cuales abarcan una extensa gama de actividades que van desde: la planificación, diseño, fabricación y comercialización, tanto de vehículos como de manufactura en general. El objetivo fundamental de esta industria es acercar a la humanidad un modo de transporte que cumpla con las características, estándares y requerimientos acorde a las diversas necesidades, por ello se considera a la industria automotriz como un sector económico de suma importancia.

Dentro de la industria automotriz se llevan a cabo distintos procesos y operaciones de manera simultánea, en los cuales se deben cumplir normativas de calidad e implementación de diferentes controles y pruebas dónde se da un minucioso seguimiento a cada aspecto, para llegar al producto final. Dependiendo del giro industrial se realizan distintas piezas, el giro de la industria en la que se desarrolla esta investigación es del tipo metal mecánico dónde se realizan procesos de ensamblaje y estampado de piezas.

Existen procesos de maquinado dentro de la industria que pueden llegar a utilizar agua para su funcionamiento, como lo es el proceso de “Estampado en caliente”. Estos procesos generan descargas de agua la cuáles deben tener un tratamiento después de su utilización para su disposición final, ya sea para el flujo municipal, reutilización o aprovechamiento interno en la industria.

La disposición de aguas residuales que no hayan tenido un tratamiento previo puede provocar distintos impactos negativos al medio ambiente. La SEMARNAT menciona “La descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y de tratamiento provoca la contaminación de los cuerpos de agua receptores disminuyendo la calidad de las aguas

superficiales y subterráneas, poniendo en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas” (SEMARNAT, 2022).

Todas las actividades humanas generan un impacto el cual puede ser catalogado como impacto positivo o negativo al ambiente, tanto los procesos industriales como los procesos humanos generan desechos. Como lo menciona la SEMARNAT “Las aguas residuales provenientes de los baños también cuentan como patógenos contaminantes ya que generan aguas negras que pueden contener también volúmenes de aceites, grasas, metales y químicos” (SEMARNAT, 2010).

Una Planta de Tratamiento de Agua Residual consiste en un proceso que se conforma por distintas operaciones y procesos unitarios que pueden ser del tipo físico-químico o biológico que, en conjunto, gracias a los fenómenos de transporte y el manejo de fluidos, pueden tratar o eliminar los contaminantes presentes si se tiene un constante control de los parámetros y el funcionamiento de la misma.

Una constante supervisión de la Planta de Tratamiento de Agua Residual asegura que se respeten los objetivos del tratado de agua, para disminuir la contaminación por parte de los residuos que pudiera arrastrar el agua, por el contrario si no se tiene una constante revisión, actualización y chequeo de los parámetros se pueden generar distintas situaciones como lo son; reboses, muerte de bacterias, lodos en estado de descomposición, alteración de los parámetros o no disposición de agua de rehúso por mencionar algunos.

Cuando una Planta de Tratamiento de Agua Residual presenta estas situaciones genera variables ambientales ya que; un rebose dentro del reactor biológico se presenta cuando hay un aumento en el volumen de agua en el tanque de homogenización, este puede presentarse por distintas reacciones en cadena cómo lo es exceso de niveles de materia orgánica, aumento del nivel del flujo que se conecta con el tanque, o decrecimiento en la efectividad de las bacterias.

De Basha (2003) señala que cuándo existe muerte de bacterias se generan olores muy fuertes, que son provocados por varias circunstancias como lo son, que la bacteria sólo digiere materia orgánica y en la descarga se integró algún químico (de-Bashan, 2003). Así como

también puede partir del tipo de alimentación que se le agrego en el turno no era el adecuado para el periodo de vida en el que se encuentra la bacteria, entre otros aspectos.

Todas estas situaciones planteadas se generan en una reacción cadena lo cual provoca que si existe algún fallo o variación durante el proceso como resultado provocará otros más, cómo lo es la muerte de bacterias, al existir muerte de bacterias por un periodo prolongado, repercutirá en el estado del lodo, ya que comenzará su estado de descomposición hasta llegar a su estado de putrefacción. Cuándo estas situaciones comienzan a suceder se presentan como se menciona en el Manual para la Implementación de programas de Monitoreo Comunitario de la calidad del agua variaciones dentro de los parámetros y condiciones como lo son; pH, conductividad, solidos disueltos y toxicidad (Universidad Nacional Autónoma de México Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, 2018).

Para asegurar el buen estado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, así como también la descarga de agua que se genera por el proceso es importante seguir normativas y leyes en las cuales se apliquen controles, análisis y mejoras continuas para fortalecer los procesos y con esto verificar que la calidad del agua cumpla con todos los parámetros aplicables minimizando, la contaminación del agua y los impactos negativos que los procesos pudieran generar.

JUSTIFICACIÓN

Las descargas de aguas residuales son generadas por las actividades humanas, estas se producen por procesos fisiológicos como también industriales, generando una contaminación en el medio ambiente ya que tienen un impacto ambiental negativo, que en volumen puede presentar un riesgo tanto para la población como para el ecosistema general de la tierra. Estas pueden incluir en la descarga residuos sólidos, grasas, desechos orgánicos, químicos o detergentes. Estas presentan un problema puesto que las descargas provenientes de las fuentes receptoras han sobrepasado la posibilidad de realizar un proceso de auto-purificación de los cuerpos de agua.

La contaminación en el agua produce riesgos tanto al entorno como en la salud, ya que las descargas de agua siguen el flujo de una corriente general municipal, donde la mayor cantidad de agua es utilizada tanto para consumo. Siendo extraída por industrias del giro alimenticio, como para riego en vertederos los cuales se utilizan para alimentación de ganado o sembradío. Como se menciona en el libro Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales “el agua que procede de estos cuerpos de agua contaminados se convierte en un vehículo de agentes infecciosos como hongos, virus y bacterias, además de sustancias tóxicas como pesticidas y metales pesados” (Salazar, 2012, pág. 27).

El integrar el proceso de una Planta de Tratamiento de Agua Residual en una industria automotriz, asegura que toda descarga, corriente o flujo de agua que sea producido durante los procesos de maquinado lleven un control mayor de los parámetros dentro de la descarga. Generando así la posibilidad de devolver el agua en su origen más natural y limpia posible, ya que durante las distintas etapas del tratamiento se enfocan en controlar, eliminar o disminuir los parámetros de control específicos dependiendo del tipo de tratamiento y etapa en la que se encuentre. Teniendo un control de la calidad del agua es posible reutilizarla tanto en los procesos de maquinado como en el funcionamiento de la planta.

En una Planta de Tratamiento de Agua Residual a nivel industrial de manufactura automotriz se utilizan comúnmente los tratamientos de tipo secundario y terciario ya que aplicando los dos métodos es posible tener una mayor eficacia en cuanto a los objetivos que se planteen

para la cantidad de agua que se desea tratar. Obteniendo así mejores resultados en la calidad del agua asegurando que se encuentre en las mejores condiciones.

De acuerdo con lo anterior mencionado la Planta de Tratamiento de Agua Residual, requiere una revisión sobre cómo se realiza la coordinación de su administración y el seguimiento de su proceso. Esto con la finalidad de que se detengan los constantes paros de planta, identificando cual es la pauta para que se presenten de manera regular teniendo un impacto tanto para el ambiente como para el funcionamiento de los procesos que utilizan el agua que se reusa gracias al tratamiento de agua, así como también abordar e integrar una mejora en caso de ser requerida.

Dentro de la normativa ISO se integran las series ISO14000 las cual incorporan los “Sistemas de Gestión Ambiental” siguiendo la norma de esta familia ISO14001-2015 puesto que dentro de ella se especifican los criterios para implementar un sistema de gestión y las pautas para darle seguimiento al sistema. Dentro de la norma se mencionan las “Ideas de Mejora” en las cuales se analiza y da seguimiento a acciones ya implementadas partiendo del punto de lo ya realizado, se plantea la constante búsqueda y actualización para mejorar dentro de los aspectos que se pudieran hallar gracias a la constante revisión de todos los ámbitos (Secretaría Central de ISO, 2015).

La norma ISO14001-2015 incluye de manera sistemática los procedimientos tanto internos como legales, e involucra la alta dirección de la empresa lo cual nos da pie para poder analizar y aplicar en caso de encontrarse una oportunidad en la administración de la Planta de Tratamiento de Agua. Verificando así que en cada uno de aspectos de la empresa se coordinen para la búsqueda constante de la calidad del agua y, trabajando en conjunto, se puede asegurar un buen tratamiento del agua; en los apartados 9 y 10 de la norma menciona la “Evaluación del Desempeño” y la “Mejora” aplicando estas dos cláusulas podemos darle seguimiento a plantear una idea de mejora completa (Secretaría Central de ISO, 2015).

Los procedimientos que se aplicarán siguiendo la normativa, y cumpliendo con los parámetros ambientales estipulados dentro de la legislación ambiental vigente ayudará a la mejora continua de la planificación, administración y revisión de los procedimientos que se llevan a cabo durante el proceso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Con la

finalidad de tener un mejor control en cada uno de los procesos operativos en los cuales se desarrolla el tratamiento de agua.

Siguiendo los fundamentos para lograr resultados positivos en el tratamiento de agua generando así que la descarga producida después de todo el proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Residual y aplicando de manera correcta lo estipulado tanto en la normativa ISO14001-2015, así como también en la legislación mexicana y si se llegará a encontrar algún parámetro interno dentro de la Industria Automotriz enfocada a la manufactura de tipo metal mecánico, identificando un área de oportunidad para mejorar. Acoplado a las necesidades actuales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual estas actualizaciones en su operación y administración.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el estado de una Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Industria Automotriz bajo los criterios de la norma ISO 14001-2015 para generar propuestas de mejora.

ESPECÍFICOS

- Realizar el diagnóstico de la infraestructura de la planta y su operación.
- Identificar las variables de las etapas del tren de tratamiento dónde podría integrarse una propuesta de mejora.
- Generar propuestas de mejoras administrativas, con el diseño de diagramas de flujo, checklist, planes de contingencia, plan de trabajo, ayuda visual considerando la revisión de los planes ya existentes.
- Analizar la viabilidad de utilizar el ciclo PHVA para integrarlo en las propuestas de mejora de acuerdo a lo estipulado en la norma ISO 14001-2015.

HIPÓTESIS

Los criterios que integran la metodología ISO 14001-2015 son adaptables para lograr generar una guía que trabaje en función de crear ideas de mejora aplicadas a una Planta de Tratamiento de Agua Residual de la industria automotriz.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

ACUÍFEROS DEL ESTADO DE PUEBLA

El estado de Puebla se encuentra según los datos extraídos del portal oficial del INEGI en las coordenadas Longitud 99°04'13.80" W 96°43'28.92" W, Latitud 17°51'39.24" N 20°50'24.00" N (INEGI, 2022). El estado forma parte la región Sur Sureste de la República Mexicana; sus colindancias son con los estados de Veracruz, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos, Oaxaca y Guerrero. Mencionar la ubicación dónde se encuentra el estado de Puebla nos permite tener una noción sobre cuáles son los ríos, lagos y la cuenca hidrológica que le corresponde al estado.

Puebla se compone por seis grandes acuíferos los cuales se reportan en el portal de CONAGUA como: Valle de Tecamachalco, Libres-Oriental, Atlixco-Izúcar de Matamoros, Valle de Puebla, Valle de Tehuacán y Ixcaquixtla. (CONAGUA, 2022). La disponibilidad en las aguas nacionales es regulada por la CONAGUA de acuerdo con los estudios técnicos y lineamientos existentes los cuales se rigen por la “Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

La norma antes mencionada define a los acuíferos como “cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento” (CONAGUA, 2022). Los acuíferos tienen una formación de manera natural, la cual sucede cuando la superficie terrestre absorbe el agua que se produce por el ciclo natural del agua que se produce por la lluvia; cuando el suelo absorbe el agua de la superficie permite que los suelos permeables como lo son la tierra, arena y arcilla permeen y filtren esta agua permitiendo que se rellenen constantemente.

Existen gran número de recursos hídricos disponibles en el estado de Puebla que van desde, ríos, lagos, arroyos, lagunas, cuencas, aguas superficiales y aguas subterráneas. Las principales cuencas que existen en Puebla son 6. Como se menciona con anterioridad las cuencas son: Valle de Tecamachalco, Libres – Oriental, Atlixco – Izúcar de Matamoros, Valle de Puebla, Valle de Tehuacan, Ixcaquixtla, cada uno cuenta con una disponibilidad media

anual de agua subterránea específica, la cual varía dependiendo de la altura y localización del acuífero.

El portal oficial de la Comisión Nacional del Agua nos proporciona una herramienta que permite tener una visión gráfica por medio de satélites, dónde podemos obtener mapas digitales que nos señalan la información hidrográfica de los sitios. Utilizando la extensión “Disponibilidad Hídrica por Acuífero” podemos rescatar qué; siguiendo la ubicación donde se ubica la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Industria Automotriz pertenece a al flujo del río Alto Atoyac, ya que el mapa marca que atraviesa cerca el Arroyo Alseseca. Se integra Mapa 1 donde se resalta la cercanía de los ríos.



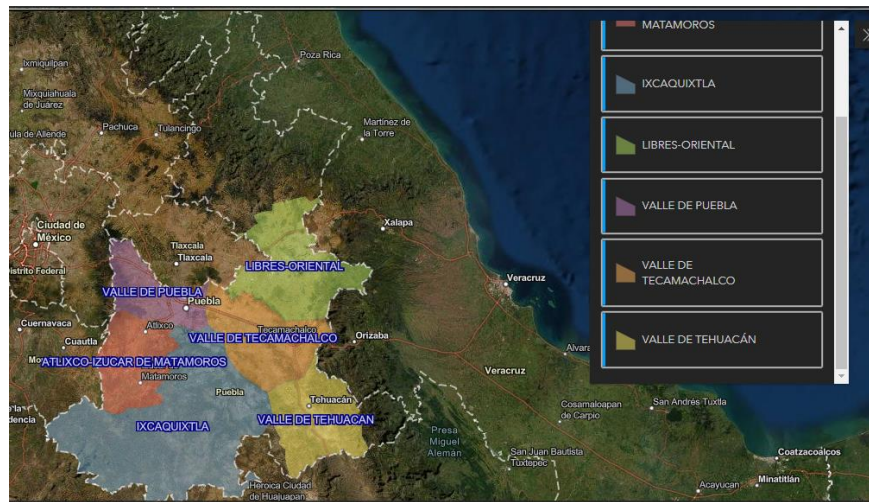
Mapa 1. Mapa hidrológico del sitio

Fuente: (CONAGUA, 2022).

La ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Industria Automotriz se mantiene de manera privada sin embargo en el mapa que se anexo con anterioridad se puede ver que el arroyo Alseseca se encuentra muy cerca de dónde se localiza la planta automotriz. El mapa nos muestra también que pertenece al Valle de Puebla, por su ubicación, y orientación geográfica. Es importante mencionar que el contar con un buen tratamiento de agua, programa de drenaje y saneamiento permitirá mantener el buen estado del arroyo

Alseseca previniendo que no se contamine el sitio en una escala cercana, así como también se previene que se mantenga en buen estado el río alto Atoyac.

Las cuencas principales que componen el estado de Puebla como se integra en el mapa (mapa 2) son: valle de Puebla, libres oriental, valle de Tecamachalco, Atlixco- izucar de matamoras, ixcaquixtla, valle de tehuacan.



Mapa 2. Cuencas que componen el estado de Puebla (CONAGUA, 2022).

Fuente: (CONAGUA, 2022).

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS HÍDRICOS.

Desde los primeros asentamientos de pobladores en la tierra, se ha seguido una constante que es la búsqueda del agua dulce. Cada una de las etapas de nuestra especie ha ido evolucionando y adquiriendo conocimientos respecto a cómo adaptarse y sobrevivir al medio que le rodea. La humanidad ha descubierto distintas formas para solventar las necesidades básicas, por esto en cada lugar donde se instalaron se requería agua para realizar trabajos como sembrado pesca y con forme fue avanzando el tiempo para hacer tareas como lavado y aseo.

Conforme las tareas que realizaron fueron aumentando, de misma forma los inventos y las actualizaciones con el paso de las generaciones provocando que se aprovechara de distintas maneras el agua como recurso vital. Sin embargo, mientras avanzaban los descubrimientos en torno al uso de agua se iba extrayendo de manera más continua al igual que este se iba

contaminando de forma gradual. Al requerir una mayor cantidad de agua al realizar las labores y existir mayor asentamiento de pobladores.

Con el paso de la evolución, la actualización y los nuevos conocimientos adquiridos, el uso del agua tomo más importancia al utilizarse para distintas labores, sin embargo, esto tuvo impactos en el medio ambiente, y en los seres humanos. Lo anterior provocando que se necesitara la instalación y creación de sistemas de riego para su extracción o canales de conexión de aguas, al igual que sistemas de descargas de aguas negras actualizándose hasta como las conocemos en la actualidad.

A través de los siglos se han utilizado, creado y actualizado distintos sistemas de tratamiento, control y extracción del agua los primeros vestigios reportados que se encuentran de la utilización del agua, se muestran como lo menciona el libro *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principio, modelación y diseño* “Los antiguos griegos (300 A.C a 500 D.C) utilizaban letrinas que drenaban hacia alcantarillas que transportaban las aguas residuales y pluviales hacia un colector en las afueras de la ciudad” (Carlos M. López, Germán B. Méndez, Héctor A. Garcia, Francisco J. Cervantes, 2008, pág. 2).

Las distintas etapas en la historia han sido clave para la actualización de los objetivos del tratamiento de aguas, su distribución y su conservación. Con el paso de los siglos estos métodos fueron retomados y adaptados según las actividades que se deseaban realizar. Los romanos aproximadamente hace 800 años A.C., construyeron la cloaca máxima, que fue utilizado para drenar el pantano en el cuál fue construido Roma. Este mismo sistema fue utilizado para transportar agua como conexiones a través de un acueducto desde los baños hasta el alcantarillado debajo de la ciudad (Carlos M. López, Germán B. Méndez, Héctor A. Garcia, Francisco J. Cervantes, 2008, pág. 2).

Los residuos que se generaban dependían directamente de las actividades que se realizaban. Las actividades humanas son inevitables y con esto la utilización y disposición de los residuos respecto a cantidad, calidad y contenido de las aguas que se disponen es variado ya que existe un gran número de contaminantes que pueden estar presentes en las descargas de aguas, lo mismo sucedía con los antepasados los residuos generados dependías de las actividades e intereses de las civilizaciones.

Conforme los periodos de siglos sucedieron fueron cayendo distintos sistemas de gobierno, así como también sus formas de vida. Al colapsar, también sus sistemas de tratamiento de agua iban desestabilizándose. Sin embargo, la actualización en torno a los sistemas de alcantarillado y de conservación de agua seguía constante. Se menciona que en estas etapas se aprovechó el residuo de las excretas para fertilizantes de los agricultores, aprovechando este recurso, pero estas no tenían un tratamiento ocasionando problemas sanitarios en los pobladores. A partir de este momento comenzó la inquietud de aprovechar los residuos y darle algún tratamiento al agua (Carlos M. López, Germán B. Méndez, Héctor A. Garcia, Francisco J. Cervantes, 2008).

En 1866 el ingeniero Capt. Liernur quien era un ingeniero holandés presento ante el congreso un sistema de vacío para recolección de aguas residuales. (López C., 2008) El cual consistía en separar los residuos de las aguas del inodoro, aguas grises y aguas pluviales de manera que a través de un vehículo estas fueran dispuestas de manera diferente dependiendo de su disposición final apoyando así a los agricultores de las distintas colonias como a los pobladores. Este invento es relevante ya que fue un pionero para la separación de residuos, así como también dio apertura a distintas investigaciones en torno a las aguas dispuestas por separado y a su composición.

Los organismos presentes fueron utilizados en Estados Unidos y Reino Unido por primera vez para limpieza del agua con la aplicación de filtros biológicos instalados como biopelículas que provenían de rocas. Este proceso genero la necesidad de potencializar otros sistemas como lo fue en Reino Unido donde después de varios experimentos de llenado y vaciado de procesos discontinuos alternados se le llamo Lodos Activados a este proceso (Carlos M. López, Germán B. Méndez, Héctor A. Garcia, Francisco J. Cervantes, 2008).

Cada uno de los métodos de tratamiento de aguas ha sido perfeccionado y modificado a partir de las necesidades de las civilizaciones con el interés a fin de mejorar la calidad de vida de los pobladores. Partiendo desde sistemas de alcantarillado, mejoras en el tratamiento y análisis de residuos, generando con esto que se vayan descubriendo distintos métodos de caracterización, y pruebas que comprueben el estado del agua como lo son las tomas de DBO y DQO, la conductividad, la presencia de microorganismos patógenos, la alcalinidad y pH.

NORMATIVIDAD EN MATERIA AMBIENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

La Comisión Nacional del Agua es un organismo público que forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales conocida por sus siglas como SEMARNAT, el objetivo principal como es mencionado en la página principal de la CONAGUA es: administrar, regular, controlar y proteger todos los recursos hídricos del país, así como también promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos (Comisión Nacional del Agua, 2018).

Como se ha mencionado con anterioridad, el objetivo principal de la CONAGUA es conservar, preservar y administrar los recursos hídricos del país es por esto que dentro del portal se define a las aguas residuales como “las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicio, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas” (Comisión Nacional del Agua, 2005, pág. 42).

Todas las descargas que pueden llegar a suceder dentro de una industria deben ser tratadas ya que por normativa respaldado por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARANT-1996. Deben seguirse los criterios para disposición y tratamiento de las aguas residuales con la finalidad de disminuir las descargas, ya que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas. Los límites máximos permisibles como se menciona en el libro *Normas Oficiales Mexicanas son*: “Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales” (Comisión Nacional del Agua, 2017, pág. 41).

En México, al igual que en varios países del mundo existe normativa que debe ser aplicada en torno a la calidad del agua dónde nos muestran desde cómo se desarrolla su tratamiento, los límites máximos permisibles, pruebas de muestreo, sus permisos de funcionamiento así como también permisos de descargas. Siguiendo estas normativas puntualmente se puede tener un aprovechamiento del recurso tan importante que es el agua, y poder generar proyectos sin afectar a las generaciones futuras siendo lo más sostenible posible.

Las Normas Oficiales Mexicanas, conocidas como NOM son herramientas que ayudan al gobierno mexicano a medir y establecer las características que deben reunir los productos o

procesos, asegurando que no exista un daño a la población, vegetación o medio ambiente. Las normas son elaboradas por comités técnicos que incluyen desde fabricantes, comerciales, académicos y dependencias gubernamentales, como lo es la SEMARNAT, estas son publicadas en el diario de la federación.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, menciona que; *“Habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 30 de octubre de 1996, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996”* (Secretaría de Gobernación, 2022).

A partir de la fecha en que la norma es publicada en el Diario Oficial de la Federación entra en vigor, entonces desde la publicación de esta norma los límites máximos permisibles que se establecieron estuvieron al alcance del público en general, el cual, dependiendo de sus necesidades puede consultarlos y aplicarlos en lo referente a descargas en aguas y bienes nacionales. De mismo modo ocurre con las diferentes Normas Oficiales Mexicanas un comité decide en conjunto con otras dependencias como es que se forman y complementan estas normas.

La normativa marca que cada industria debe contar con un proceso de tratamiento de agua, como lo marca la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, donde establece *“todas las descargas en las redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan, y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido”* (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2008, pág. 61).

Lo anterior nos menciona la importancia de que, todas las industrias cuenten con una Planta de Tratamiento de Agua Residual. Un punto importante en la realización de este proyecto es

la visita a dónde se encuentra la Planta, uno de los procesos que se llevan a cabo dentro del proceso son los lodos activados que son comúnmente utilizados ya que es uno de los procesos más estables y eficaces para la remoción de materia orgánica, acudiendo a esas visitas constantemente será posible el análisis total sobre cómo es que se administra y cuál es el funcionamiento de la misma.

El Sistema Nacional de Información del Agua, conocido por sus siglas SINA, es un instrumento de apoyo que gestiona y proporciona información sobre los recursos hídricos de México que trabaja a la par de la Comisión Nacional del Agua. Como explica en su portal de internet “presenta información con corte a diciembre del año inmediato anterior y datos históricos en mapas, gráficas y formatos tabular, mismos que pueden descargarse libremente en distintos formatos” (Comisión Nacional del Agua, 2022).

Cada año el SINA publica la revista “Estadísticas del Agua en México” herramienta que utilizaremos para obtener datos más exactos del estado actual del agua en México ya que es la revista oficial por parte de las secretarías nacionales especializadas para dar seguimiento y control al cuidado del agua en México. De esta plataforma extraeremos la siguiente tabla (tabla 1) en la cual nos muestra cuáles son los tipos de tratamiento de agua enfocados a una planta de tratamiento de agua residual a nivel industrial:

Tabla 1. Tipos de Tratamiento de aguas residuales industriales, 2018.

Tipo de Tratamiento	Propósito	Número de plantas	Gasto de operación (m³/s)	Porcentaje %
Primario	Ajustar el pH y remover materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm.	975	25.04	28.7
Secundario	Remover materiales orgánicos coloidales y disueltos	1945	57.39	65.39
Terciario	Remover materiales disueltos que incluyen gases, sustancias	86	2.37	2.7

	orgánicas naturales y sintéticas, iones, bacterias y virus			
No especificado		138	2.30	2.6
	Total	3144	87.09	100.0

Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2019, pág. 106).

Como se menciona en la tabla anterior, recuperada del Sistema Nacional de Información de Agua; se estima que en la República Mexicana existen un total de 3144 plantas de tratamiento de agua residual, en las cuales se utilizan los tres tipos de tratamiento de aguas que son el primario, secundario y terciario. Se resalta en la tabla que por su propósito en mayor número se encuentra utilizando el tratamiento secundario sin embargo para lograr más eficacia en el proceso es necesario que en una planta de tratamiento de agua se entrelacen dos tipos de tratamiento, si es posible tres, para mejores resultados en la calidad final del agua (Comisión Nacional del Agua, 2019).

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA.

El Sistema Nacional de Información de Agua, nos muestra en los datos reportados durante el año 2018 que en Puebla existen 218 Plantas de Tratamiento de Agua Residual en operación en las cuales estima que se tiene una capacidad de 1.13 m³/s, y dentro de ellas el caudal total tratado partiendo de la cantidad de agua que ingresa a las plantas y es tratada es de 1.01 m³/s. Se estima que el total de Plantas de Tratamiento de Agua Residual que son mencionadas en el reporte incluyen desde las estatales públicas, así como también, las industriales y federales, integrado en la siguiente tabla identificada como Tabla 2.

Tabla 2. Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación por entidad

Entidad Federativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m³/s)	Caudal tratado (m³/s)
Aguascalientes	71	0.35	0.18
Baja California	118	13.07	13.04
Baja California Sur	30	4.97	4.97
Campeche	203	4.42	4.42
Coahuila de Zaragoza	64	0.81	0.55
Colima	16	0.46	0.29
Chiapas	124	4.99	4.66
Chihuahua	15	0.65	0.28
Ciudad de México	8	0.01	0.01
Durango	47	1.13	0.66
Guanajuato	129	0.91	0.65
Guerrero	7	0.02	0.02
Hidalgo	51	1.44	1.44
Jalisco	103	1.91	1.81
México	287	3.38	2.47
Michoacán de Ocampo	142	3.77	3.21
Morelos	102	1.15	1.11
Nayarit	18	0.81	0.81
Nuevo León	98	4.40	3.16
Oaxaca	23	3.41	2.86
Puebla	218	1.14	1.01
Querétaro	160	1.24	0.65
Quintana Roo	6	0.08	0.07
San Luis Potosí	66	0.98	0.69
Sinaloa	115	14.07	11.63
Sonora	238	6.69	6.44
Tabasco	152	1.52	1.37

Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2019, pág. 107).

El integrar una Planta de Tratamiento de Agua Residual en procesos industriales tiene un papel fundamental en el ciclo del cuidado del agua que integran a un sitio. El realizar labores de tratamiento de aguas asegura que la calidad del producto sea un efluente líquido con condiciones adecuadas para poder ser devuelto a la corriente natural original, donde continuara su ciclo y se generara un impacto mínimo al medio ambiente.

Los procesos que se llevan a cabo para depuración de contaminantes es de gran importancia ya que se puede reutilizar el recurso al realizar las tareas internas dentro de la planta. Lo cual además de tener un impacto positivo en el medio ambiente, genera una oportunidad de ahorro para presupuesto de la planta ya que se pueden reducir los m³ de agua que ingresan a la industria si se lleva cabo el proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de manera correcta, constante y cíclica. El mantener las inspecciones y controles operacionales actualizados y precisos darán oportunidad a reducir costos y también descargas de agua.

Durante el proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, se contempla el desarrollo de dos etapas de tratamiento que son el primario y el terciario. Como mencionan en el libro *Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Lodos Activados* “El tratamiento preliminar consiste generalmente en retirar sólidos gruesos del agua residual por medio de rejillas y desarenadores”. Ubicados dentro de la Planta de Tratamiento de Agua Residual se encuentra el cribado, las rejillas de separación entre fosas, el sedimentador y tanque o reactor biológico (Escalante, 2006, págs. 2-25).

Para obtener el estado de operación y de infraestructura de una Planta de Tratamiento de Agua Residual, es necesario plantear cual será el objetivo meta que se busca, con esto se podrá calcular la capacidad de tratamiento del tanque biodigestor. Se necesita conocer la cinética de la reacción de gobierna el proceso de tratamiento, la caracterización del efluente a tratar, las condiciones ambientales locales, características y volúmenes de los productos generados (Duque-Sarango P., 2018).

Los modelos cinéticos internos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales son un factor clave ya que estas describen las velocidades en las cuales se llevan a cabo las reacciones químicas y bioquímicas de la planta en distintas condiciones. Teniendo el compendio total de cada una de las vertientes se podrá llevar la administración objetivamente de los tiempos de vida de las bacterias que se utilicen, así como de los tiempos de reposo de

la planta y de los trasposos de cada una de las etapas del proceso. La velocidad de bioconversión, la cantidad de sustrato, los microorganismos, nutrientes y micronutrientes marcan la pauta junto con las condiciones ambientales para el objetivo de agua tratado (Demergasso C., 2017).

Dentro del reactor biológico se contemplan otros procesos internos como lo es el tiempo de vida de las bacterias. Las bacterias que se utilizan dentro del tanque o reactor biológico son Bactidomus (BD) 106 Y (BD) 208, como se menciona BactiDomus biotechnology “es más fácil y más rentable implementarlo como solución dentro de los sistemas existentes y los problemas que se encuentre, la aplicación puede dirigirse hacia donde proporcionará el mayor beneficio”. Por la funcionalidad de la bacteria esta se ingresa en el reactor biológico donde se aplica un depósito de aireación (BactiDomus BIOTECHNOLOGY, 2022).

A través de las épocas, los descubrimientos y las investigaciones se han desarrollado distintos procesos a lo largo del constante objetivo de obtener una mejor calidad de las descargas de agua y tratamientos previos de agua residual, generando así los procesos físicos, químicos y biológicos en los cuales cada uno es caracterizado por las limitantes de cada proceso ya que a partir de las limitantes se pueden observar áreas de oportunidad dónde se aprovechan la aplicación de los otros métodos dependiendo de la aplicabilidad, eficiencia y costo (Scott, 2014).

El proceso PhoStrip fue de los primeros procesos que fueron diseñados para eliminación de fosfatos de encontrado en las pruebas de lodos las cuales incluían sustancias químicas (López M., 2008). El proceso incluía la utilización de formas inorgánicas de nitrógeno para crecimiento de microorganismos siendo utilizada esta tecnología como respuesta a la eutrofización de aguas residuales. Lo cual genera que los microorganismos se bioacumulen y secreten fosfatos (Levin V., 1987).

La eliminación que se lleva a cabo de manera biológica tiene una división en materia de eliminación de fosfatos a partir del proceso de PhoStrip, ya que se generaron dos procesos el proceso de sidestream el cual consiste en la bioacumulación de lodos y segregación de fosfatos y en fullstream en el cual se utiliza un medio filtrante para la remoción selectiva de fosfatos presentes en el agua ambos son utilizados dependiendo de la capacidad de remoción (Levin V., 1987).

Bernard en 1970 realizó investigaciones y pruebas donde el lodo activado pasaba por condiciones anaerobias, logrando así manipular la liberación de organismos que se encontraban acumulando fósforo, donde después se tomarían los fosfatos que fueron liberados, provocando así que los fosfatos de alimentación fluyan por el afluente separados durante el proceso de aireación. Al término de sus investigaciones se encontró con que había fallado con el objetivo de crear condiciones anaerobias (James, 2022).

En 1976 Bernard propuso el proceso Phoderox donde durante la fase anaeróbica al inicio del desarrollo se lograban las condiciones anaeróbicas en el cual se integró el proceso Bardenpho. El concepto del proceso Bardenpho modificado era que el influente de la planta podría ser utilizado para generar las condiciones anaeróbicas necesarias logrando que la acumulación de fósforo crezca con la finalidad de que se puedan ser reducidas en las siguientes estaciones del proceso (James, 2022).

Existen muchos modelos y procesos que fueron pioneros en el tratamiento de aguas residuales sin embargo las investigaciones continuaron bajo la misma línea de desarrollo en la cual por su eficacia se volvía a plantear los reactores percoladores a base de biopelículas. (López C., 2008, pág. 5). Los sistemas fueron desarrollados dependiendo del tipo de necesidades que presentaba cada proceso de tratamiento de agua sin embargo este punto fue clave para los trenes de proceso que incluían filtros biológicos aireados, reactores con lechos, biomasa suspendida, lodos granulados entre otros, partiendo como base desde las biopelículas presentes en los sistemas, generando con esto la constante actualización para aplicar mejoras dentro de los procesos de tratamiento de aguas.

Como se menciona en el párrafo anterior, con forma a las necesidades se generaban los avances en torno al tratamiento de agua como lo es en los procesos integrados a sistemas de lodo granular aerobio, las investigaciones en torno a comenzaron por la búsqueda de las causas y control del esponjamiento de lodo causado por bacterias y este proceso fue aplicado como una respuesta específica a un proceso iniciado en la biopelícula.

Cuando un proceso de tratamiento de agua integra un sistema aerobio este es basado en la capacidad de degradación de materia orgánica que incluyen los microorganismos los cuales tienen como característica especial que utilizan el oxígeno como un aceptor de electrones los cuales son aprovechados para asimilar la materia orgánica y disolverlos para su crecimiento.

Los procesos aerobios se caracterizan por utilizar las partículas presentes en el aire para completar sus ciclos de oxidación de oxígeno, como lo menciona el libro *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño* “Las enzimas para la reducción del oxígeno se llevan a cabo de manera inducidas, las bacterias desnitrificantes aerobias facultativas. Todas las bacterias desnitrificantes también pueden utilizar oxígeno, ya que los procesos catabólicos son relativamente similares (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, pág. 19).

PRINCIPALES FUNCIONES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

Las Plantas de Tratamiento de Agua Residual se encargan de reducir, controlar y si es posible eliminar los contaminantes presentes en el agua antes de realizar la descarga al efluente municipal. Dentro de las aguas que llegan a una Planta puede encontrarse distinto tipo de contaminantes como lo pueden ser: químicos, detergentes, e inclusive agentes patógenos causantes de enfermedades, es por esto que deben integrarse distintos tipos de tratamientos si llegará a ser requerido para con esto prevenir infecciones en los operadores y trabajadores de la planta.

Existen distinto tipo de microorganismos patógenos los cuales pueden ser transmitidos por agua contaminada. Se conoce como patógenos entéricos a los microorganismos que son transmitidos de manera fecal-oral, dentro de las enfermedades más comunes se encuentra la fiebre tifoidea y el cólera. Algunas enfermedades son causadas por virus, bacterias, protozoarios y lombrices parasitarias. Se integra la tabla 3 (Freedman, 1992, pág. 2003).

Tabla 3. Clasificación de algunos protozoarios y helmintos transmitidos ambientalmente.

Clasificación de algunos protozoarios y helmintos transmitidos ambientalmente.	
Protozoos	Helmintos
Grupo filogénico Apicomplexa <i>Cyclospora cayetanensis</i> <i>Cryptosporidium parvum</i>	Grupo filogénico Nematoda <i>Ascaris humbricoides</i> <i>Necator americanus</i> <i>Trichuris trichiura</i>
Grupo filogénico Sarcomastigophora <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i>	Grupo filogénico Plathelminthes <i>Taenia saginata</i> <i>Schistosoma mansoni</i>

Fuente: (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, pág. 248)

Extracto de tabla 8.1 Clasificación de algunos protozoarios y helmintos transmitidos ambientalmente (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, pág. 248).

Dentro de la clasificación y de los distintos tipos de patógenos se encuentran los patógenos entéricos los cuales son bacterias que habitan generalmente en el intestino causando enfermedades. En esta clasificación se encuentran los virus, bacterias, protozoarios, helmintos. Los virus se componen sólo de ácido nucleico, algunos presentan capa lipídica rodeada de una capa de proteína; los virus que causan infecciones se llaman bacteriófagos que al contagiar una bacteria coliforme se conoce como colifago. Las bacterias por otra parte son organismos unicelulares que son rodeados por una membrana y una pared celular (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, págs. 248 - 250).

La bacteria *Salmonella* se encuentra dentro de la clasificación de las más comunes que afectan a los seres humanos, las aguas residuales pueden arrastrar distintos tipos de bacterias las más comunes de identificar son *Salmonella*, *Campylobactere*, *Shigella*, *Vibrio*, *Cholerae* Y *Escherichia col*, las cuales se encuentran presentes generalmente en las excretas humanas. El contagio en los seres humanos se puede presentar si algún alimento se mantiene en contacto con el agua contaminada o por otro lado si se llega a ingerir o estar en contacto con agua contaminada esto puede presentarse en casos donde el agua con la que se mantenga el contacto sea de recirculación posterior a un tratamiento (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, pág. 250).

En el caso de los protozoarios su estructura es unicelular los cuales tiene un ciclo de vida complejo el cual de mismo modo que los virus y bacterias puede llegar a ser transmitido por aguas contaminadas, dependiendo de su estado y ciclo de vida pueden desarrollar paredes gruesas las cuales los hacen resistentes a desinfectantes y prolongan su tiempo de vida permitiendo su constante adaptación a distintas temperaturas, para llevar a cabo su tratamiento es necesario incluir en el tren de tratamiento un proceso de filtración por medios granulares gracias a su tamaño es posible disminuirlos con este procedimiento (Durand, 2022).

Para el caso de los helmintos estos son lombrices que se impregnan en el tracto intestinal los cuales son retirados del cuerpo por medio de heces y pueden propagarse por las aguas residuales, su tiempo de vida puede durar meses o inclusive años, cuentan con una gran

resistencia los desinfectantes causando infecciones con rápida propagación en los seres humanos. Estas lombrices pueden generar huevecillos los cuales pueden infectar como larvas migrando a través de los pulmones siendo ingeridos e incluso inhalados (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, pág. 252).

Existe un alto índice de seres humanos infectados y la razón es que normalmente los individuos excretan un gran número de estos patógenos infectando en cadena a los demás con los que conviven, así como también por el agua con la que estén en contacto, se identifican en las muestras de agua como bacterias coliformes, ya que el indicativo de ausencia al tener una resistencia mayor que las bacterias nos indicara que por consiguiente no existe la presencia de estos en la muestra, las densidades son proporcionales a la cantidad de materia fecal que se encuentre en la cadena de proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, 2008, pág. 253).

Así como los procesos biológicos humanos provocan que las descargas contengan patógenos las actividades industriales de manufactura arrastran concentraciones tóxicas de distintos materiales como resultado de los procesos y actividades que se realicen dentro de las plantas. Entre los químicos que se pueden encontrar y detectar dentro de un proceso de una Planta de Tratamiento Residual se encuentran; arsénico, cadmio, cianuros, cloruro de sodio, cobre, cromo (III), cromo (VI), hierro, mercurio, níquel, plomo, sulfocianuros, sulfuros, zinc, plata, cloruro de metileno, dinitrofenol, fenol, formaldehído, hidroquinona, hidroxilamina, pirocatequina, resorcina, tolueno, trietilamina, trinitrotolueno (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003).

Para tener un control y seguimiento de las concentraciones de distintos contaminantes que puedan afectar al medio ambiente, o a la población se han desarrollado normas la cuales funcionan como guías indicando el procedimiento si llega a presentarse, así como también la prevención para que no se presenten con acciones como: toma de muestras, estipulando límite máximo aceptable de contaminantes, como llevar a cabo de manera viable la reutilización de la descarga de agua. El utilizar las normas apoya para prevenir, como también para el cumplimiento legal estipulado en el país.

La siguiente tabla (tabla 4) muestra cuales son las concentraciones tóxicas que se pueden encontrar dentro de las descargas de los procesos.

Tabla 4. Concentraciones tóxicas que se pueden encontrar en descarga de agua de industria de manufactura.

Sustancia	Valor límite (mg/L)
Inorgánicas	
Arsénico	4
Cadmio	5
Cianuros	1.6
Cloruro de Sodio	9000
Cobre	1
Cromo (III)	40
Cromo (VI)	5
Hierro	100
Mercurio	0.2
Niquel	6
Plomo	1
Sulfocianuros	36
Sulfuros	20
Zinc	3
Plata	5
Orgánicas	
Cloruro de metileno	1000
Dinitrofenol	4
Fenol	75
Formaldehído	175
Hidroquinona	600
Hidroxilamina	33
Pirocatequina	1000
Resorcina	2500
Tolueno	200
Trietilamina	1000
Trinitrotolueno	40

Fuente: (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003).

Para lograr tener un control directo de cada uno de los parámetros y asegurando el buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual es importante contar de manera precisa y mantener en constante actualización un diagrama de cuáles son las partes que integran el proceso, así como también considerar acciones, programas de control operativo y en caso de contingencias, con la finalidad de tener un plan de acción en caso de ser requerido para constantemente tener la vigilancia de la planta.

Dentro de la legislación ambiental mexicana se encuentran las normas oficiales mexicanas que en materia de tratamiento de aguas existen la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Para que una Planta de Tratamiento de Agua Residual a nivel industrial funcione de la manera correcta cumpliendo con los requerimientos legales que estipula la legislación ambiental, debe cumplir tanto con las normas estipulada como también con los permisos que requiera el estado tanto para poder instalarla como su constante funcionamiento los permisos que debe cumplir son los mencionados en la siguiente tabla (tabla 5).

Tabla 5. Permisos que debe cumplir una Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Permisos que debe cumplir una Planta de Tratamiento de Agua Residual		
Permiso	Dependencia	Nivel de Gobierno
Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica	CNA	FEDERAL
Permiso de descarga de Aguas Residuales	SOAPAP	ESTATAL
Licencia Ambiental Única (LAU)	SEMARNAT	FEDERAL
Certificado de condición sanitaria de agua para uso y consumo humano o uso industrial en sistemas de abastecimiento público	CNA	FEDERAL

Fuente: Elaboración propia.

Retomando cómo ha sido mencionado desde un inicio la investigación tomará como guía los criterios que se estipulan dentro de la norma ISO-14001-2015. Cómo se menciona en la tesis de acreditación del “*Diplomado Gerencia del Sistema Integrado de Gestión en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad HSEQ*” llamado Criterios de implementación ISO 14001-2015 Caso Estudio Sector Tratamiento de Aguas Residuales, dónde se utiliza la Estructura Ciclo Deming PHVA para darle seguimiento al planteamiento de la investigación dónde mediante 4 etapas se busca darle solución a la problemática inicial. Durante esta investigación se retomará la aplicación del ciclo PHVA que es una estructura marcada por la norma ISO 14001-2015, como ya fue aplicada con anterioridad a una Planta de Tratamiento de Agua Residual a nivel industrial mostrando resultados positivos (Varón C., 2019).

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

ETAPAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

La metodología (figura 1) que se seguirá para realizar la siguiente investigación se basa en recopilar datos bibliográficos para tener los fundamentos necesarios logrando, definir y conocer los conceptos, y con esto, revisar cómo se va a aplicar los controles. Se busca con esto consolidar que las ideas de mejora que puedan ser desarrolladas durante esta investigación cumplan las especificaciones de cada una de las partes que contemplen las áreas de oportunidad.

La investigación está dividida en cuatro etapas las cuales se desarrollarán dependiendo de los resultados que se vayan identificando. En cada una de estas etapas se requerirá recopilación bibliográfica, así como también visitas a la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la industria automotriz para tener una visión más amplia sobre cómo se va aplicando la normativa y Legislación Mexicana en materia de medio ambiente. Observando y analizando si la forma en la que se integran las ideas de mejora es la correcta partiendo de las necesidades identificadas.

Durante la primera etapa de la investigación el objetivo se centrará en conocer la operación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la industria automotriz. Realizando visitas presenciales a la planta será posible identificar cuáles son las partes y etapas que la integran, para poder tener una visión completa sobre su funcionamiento; cómo es que se administra y cómo está compuesto el equipo de trabajo que está involucrado en la operación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

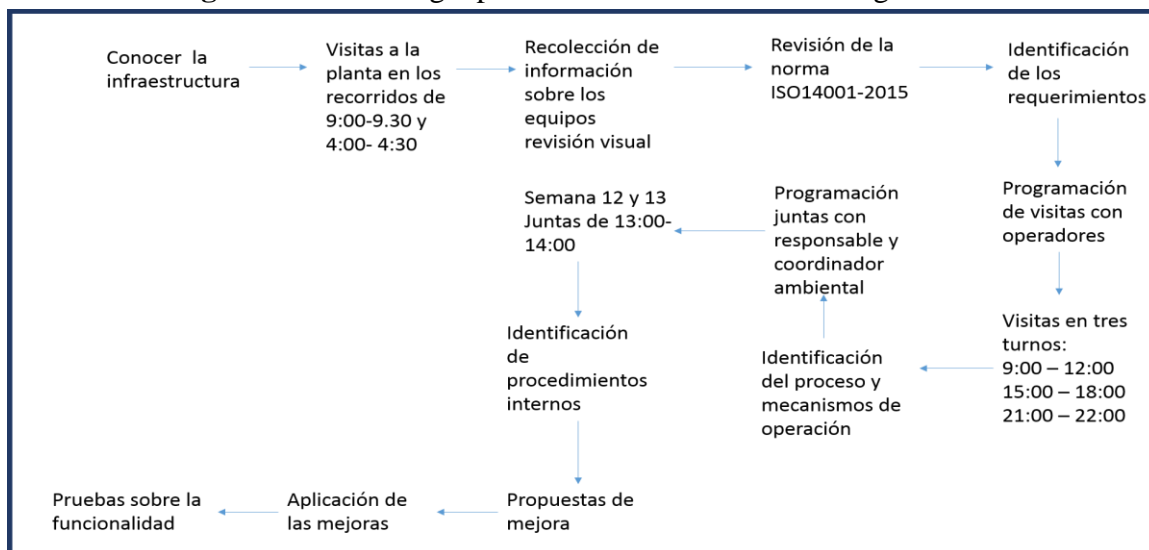
La segunda etapa contemplará la identificación de las áreas de oportunidad. Se solicitarán los resultados de las bitácoras y los informes de los periodos en meses pasados con la finalidad de revisar los parámetros y resultados a partir de la información recolectada en torno a la infraestructura y administración de la planta. Partiendo desde una visión más concreta sobre cuál es la meta a la que se desea llegar con el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de

Agua Residual. Con esta información será posible identificar los puntos clave del área de oportunidad dónde se aplicarán las ideas de mejora.

Para la tercera etapa se conocerá cómo es que funciona la planta; cómo se lleva a cabo la administración y con qué controles operacionales se da seguimiento diario a su funcionamiento. Se revisará la Legislación Mexicana en materia de medio ambiente, así como también, la norma ISO 14001-2015. Como se ha mencionado con anterioridad mantener presentes los requerimientos que se deben seguir y deben ser considerados, ya sea como un complemento de los requerimientos ya existentes o en la generación de lo que se puede aplicar como ideas de mejora.

De acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación para la etapa cuatro realizaremos la ingeniería de detalle. En la cual ya generadas las ideas de mejora se describirán las especificaciones de la hipótesis que se propone. Se comprobará que, en cada una de las partes que integran la Planta de Tratamiento de Agua Residual tanto en su funcionamiento, administración y seguimiento, se logró disminuir los paros provocados por las distintas fallas. Las cuales pueden presentarse modificando los controles operacionales hasta llegar a los idóneos para cubrir las necesidades que se presentan dentro de la industria automotriz. Se integra la figura 1 donde se describe la metodología de realización de la investigación.

Figura 1. Metodología para la realización de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

La base para la realización de las ideas de mejora se enfocará en el manejo de seguimiento propuesto en la norma ISO 14001-2015 el cual plantea el modelo planificar – hacer – verificar – actuar. Con esta metodología se corroborará que el sistema se ha aplicado de la manera correcta, para así comprobar que se llegará a los resultados y objetivos planteados en un inicio para mejorar la Planta de Tratamiento de Agua Residual (Secretaría Central de ISO, 2015).

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE INVESTIGACIÓN.

Para el ingreso a la planta fue necesario contestar una encuesta como parte del protocolo sanitario de COVID-19, al llegar se debe presentar la tarjeta de identificación que fue otorgada por el departamento de recursos humanos en el cual se acreditaba el ingreso como parte de un programa interno. Si el cuestionario marcaba en verde por seguir las medidas de cuidado en torno al uso de cubreboca y portación del equipo de protección personal el ingreso se lleva a cabo de manera normal, en caso de no cumplir con alguno de los requerimientos el establecimiento se reserva el derecho de admisión.

Para cumplimiento de la etapa 1 que fue estipulada en esta investigación se programó una cita con el responsable del departamento de medio ambiente para plantear las inquietudes, conocer el equipo de trabajo y con esto definir cuáles son los objetivos del desarrollo de la presente investigación, programando cuatro visitas a la planta de tratamiento de agua durante el año en curso programándose como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Programación de visitas.

Programación de visitas a Planta de Tratamiento de Agua Residual	
Acción	Programación
Primer Visita	23/noviembre/2021 Horario: 9:00 - 9:30
Segunda Visita	23/noviembre/2021 Horario: 4:00 – 4.30

Tercer Visita	20/marzo/2022 Horario: 9:00 – 9.30
Cuarta Visita	20/marzo/2022 Horario: 4:00 – 4:30

Fuente: Elaboración propia.

La programación de entrevistas con el coordinador ambiental y el responsable de la Planta de Tratamiento de Agua Residual quedaron de la siguiente forma (tabla 7).

Tabla 7. Programación juntas con coordinador ambiental y responsable.

Programación juntas con coordinador ambiental y responsable	
Acción	Programación
Juntas Coordinador Ambiental	20/noviembre/2021 Horario: 3:30 – 4:00 13/abril/2022 Horario: 3:30 – 4:00
Juntas responsable de Planta de Tratamiento de Agua Residual	20/noviembre/2021 Horario: 5:00 – 5:30 13/abril/2022 Horario: 5:00 – 5:30

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de las visitas es conocer la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual mediante un recorrido visual, para a mano alzada tomar las anotaciones necesarias con la finalidad de tener el complemento de toda el área de trabajo lo que posteriormente nos ayudará a poder corroborar si la información que se tienen tanto en los manuales de equipos, planes de manejo, y diagramas se encuentra completa.

Para conocer cómo es que opera la Planta por parte del proveedor responsable se realizó el siguiente cuestionario (cuestionario 1) en los dos turnos.

Cuestionario 1. Cuestionario de operación de planta de tratamiento de agua residual.

Cuestionario de operación de planta de tratamiento de agua residual						
Operador:	1	2	Turno:	M	V	Fecha:
¿En qué fecha comenzaste a trabajar en la planta?						
¿Recibiste una capacitación al integrarte a tus labores?						
¿Conoces cómo está dividido el organigrama del área?						
¿Con que frecuencia recibes capacitación en torno al cuidado del medio ambiente?						
¿Conoces la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual?						
¿Cuáles son tus actividades diarias?						
¿Llevas algún registro sobre los resultados y estado de la planta?						
¿Sabes cuáles son los parámetros que se miden dentro del reactor biológico?						
¿Cuál es el nombre de la bacteria con la que trabaja la planta?						
¿Conoces el procedimiento para adicionar la bacteria?						
¿Recibes retroalimentación sobre tus actividades?						
¿Con qué frecuencia recibes esas retroalimentaciones?						
¿Cuál es el indicativo de que el estado del agua es el correcto?						
¿Conoces si existe algún plan en caso de contingencia?						
¿Conoces la Norma ISO 14001-2015?						
Revisión y autorización de información						

Fuente: Elaboración propia.

*El indicativo M corresponde al turno “matutino”, y el V “vespertino”.

Para conocer cómo es que se desarrollan las actividades de gestión se realizó el siguiente cuestionario (cuestionario 2) aplicable a los responsables de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Cuestionario 2. Cuestionario gestión de planta de tratamiento de agua residual.

Cuestionario gestión de planta de tratamiento de agua residual		
Coordinador	Responsable	Fecha:
¿En qué fecha comenzaste a trabajar en la planta?		
¿Recibiste una capacitación al integrarte a tus labores?		
¿Conoces la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual?		
¿Con que frecuencia visita la planta de tratamiento de agua residual?		
¿Conoce a los operadores de ambos turnos?		
¿Con que frecuencia da una retroalimentación a los operadores de la planta?		
¿Cuál es el nombre de la bacteria con la que trabaja la planta?		
¿Cuenta con algún plan en caso de contingencia?		
¿Cuenta con algún plan de mantenimiento preventivo?		
¿Cuenta con un registro del estado de los equipos que integran la planta?		
¿Cuenta con alguna programación que indique los permisos de operación de la planta?		
¿Cuáles son los controles operacionales con los que da seguimiento?		
¿Conoces la Norma ISO 14001-2015?		
Revisión y autorización de información		

Fuente: Elaboración Propia.

Para la etapa 2 de la investigación se retomará el cuestionario aplicado al coordinador ambiental en el punto donde se menciona ¿Cuáles son los controles operacionales con los que da seguimiento?, así como también ¿Cuenta con alguna programación que indique los permisos de operación de la planta?, con la finalidad de obtener información sobre cuáles son los requerimientos con los que se da seguimiento esperando tener referencia sobre planes de manejo, mantenimiento, preventivos, formatos de registro de mantenimiento, registro,

reportes mensuales, obteniendo así la frecuencia con la que se da una revisión al estado tanto de los equipos como de los parámetros de la planta.

A partir de la etapa 2 será posible tener una visión más completa sobre la administración, gestión y operación de la planta para que con los resultados, analizar las áreas de oportunidad siguiendo con los objetivos de la presente investigación que contemplan que en caso de ser requerido se aplicaran ideas de mejora en los puntos clave que se identifiquen con el análisis de cada uno de los niveles que tienen responsabilidades de gestión con la planta de tratamiento de agua residual.

La etapa 3 se centra en mantener presente cuáles son los requerimientos que se deben seguir y deben ser considerados, ya sea como un complemento de los requerimientos ya existentes o en la generación de lo que se puede aplicar como ideas de mejora, esto se logrará manteniendo contacto constante con el coordinador ambiental el cual revisando y cotejando la legislación ambiental vigente se llevará a cabo el análisis y los comparativos en torno a los resultados de los controles operacionales facilitados en la etapa 2.

Durante la etapa 4 se realizará la ingeniería de detalle, en la cual se gestionará si la hipótesis en torno a los objetivos se logró, esto comprobando que los controles operacionales actuales son los requeridos para la administración de la planta de tratamiento de agua residual en turno, así como también comprobando que con el seguimiento de la norma ISO 14001-2015 cada nivel de administración de la planta cuente con una tarea en específico enfocada en el cumplimiento del buen estado y funcionamiento de la planta.

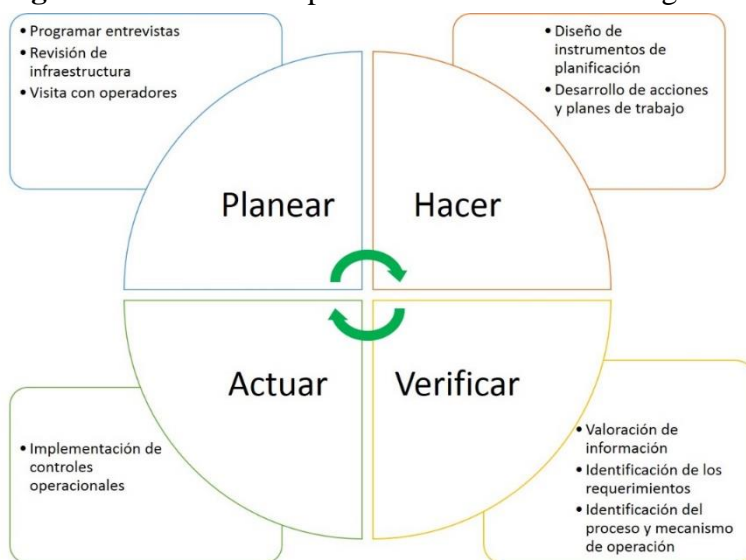
Cada una de las etapas contara con un enfoque siguiendo lo estipulado en la norma ISO 14001-2015, la estructura de la norma permite que las organizaciones donde son implementadas identifiquen las fortalezas y debilidades en materia de calidad, medio ambiente y seguridad en las cuales se implementan acciones que ayuden a la mejora continua para que cada una de las vertientes se involucren y actúen de manera simultánea con el objetivo de mantener de la mejor manera el funcionamiento.

Se estima que de manera general por la identificación de los procesos que integran un tratamiento de agua residual los cuales son el preliminar, primario, secundario, manejo de sólidos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual cuente con dichas etapas en su canal de proceso, así como también una digestión aerobia o en su caso anaerobia, su disposición de lodos, se espera que cuente con los aditamentos necesarios para su funcionamiento, mantenimiento de los equipos, transporte de residuos y disposición final.

El Sistema de Gestión Ambiental vincula todos los niveles de la empresa desde trabajadores, operadores y la alta dirección de empresa, dentro de la norma se plantea el Ciclo PHVA en el cual se dividen las acciones mediante el seguimiento de Planear- Hacer- Verificar – Actuar. La presente investigación tomara como base el Ciclo PHVA para poder definir y desarrollar a partir de 4 principales etapas el seguimiento del proyecto para con esto asegurar la verificación del resultado de la hipótesis y los objetivos planteados. (Secretaría Central de ISO, 2015)

Siguiendo lo planteado en la norma ISO14001-2015 se generó el siguiente Ciclo PHVA (figura 2), dónde se dividen las etapas de propuesta de la investigación en Planear-Hacer-Verificar- Actuar, definiendo que acciones contemplaran esos puntos según la figura 1 que se planteó para seguimiento de la investigación.

Figura 2. Ciclo PHVA para desarrollo de la investigación.



Fuente: Propia.

CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para desarrollar las visitas se llevó a cabo el ingreso mediante el cuestionario de COVID 19, portando identificación asignada por el departamento de recursos humanos y el equipo de protección personal el cual consta de: botas industriales, pantalón largo, camisa de manga larga, tapones auditivos, lentes de seguridad, chaleco reflejante y cubreboca.

Las visitas se realizaron siguiendo la programación propuesta en un inicio cumpliendo de manera satisfactoria con los horarios establecidos sin inconvenientes. Integrando la tabla 8.

Tabla 8. Seguimiento a la programación de visitas.

Programación de visitas a Planta de Tratamiento de Agua Residual			
Acción	Programación	Estado	Cuestionarios
Primer Visita	23/noviembre/2021 Horario: 9:00 - 9:30	Realizado	Completo
Segunda Visita	23/noviembre/2021 Horario: 4:00 – 4.30	Realizado	Completo
Tercer Visita	20/marzo/2022 Horario: 9:00 – 9.30	Realizado	Completo
Cuarta Visita	20/marzo/2022 Horario: 4:00 – 4:30	Realizado	Completo

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicaron en las visitas el llenado de los cuestionarios propuestos en el capítulo 2; identificado como “Cuestionario 1. Cuestionario de operación de planta de tratamiento de agua residual” demostrando los siguientes resultados (tabla 9).

Tabla 9. Resultados de la encuesta realizada a los operadores.

Resultados de la encuesta realizada a los operadores.	
Pregunta	Análisis de Resultados.
¿En qué fecha comenzaste a trabajar en la planta?	El 50% de los operadores contaba con una antigüedad mayor a dos años, el otro 50% contaba con una antigüedad menor a 6 meses.
¿Recibiste una capacitación al integrarte a tus labores?	El 100% de los operadores recibió capacitación
¿Conoces cómo está dividido el organigrama del área?	Los que contaban con antigüedad mayor a 2 años dominaban el organigrama sin embargo, los otros operadores no llegaban a identificarlo
¿Con que frecuencia recibes capacitación en torno al cuidado del medio ambiente?	No se reciben de manera constate
¿Conoces la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual?	Todos conocían la infraestructura.
¿Cuáles son tus actividades diarias?	Describieron todas las actividades diarias de la misma forma.
¿Llevas algún registro sobre los resultados y estado de la planta?	Se lleva diariamente un “Checklist” de supervisión de la planta donde se integran los parámetros que se miden, el estado de las muestras. Llenado diario de bitácora específica por parámetros. Reporte mensual donde se integra: Parámetros, influentes/efluentes, control osmosis inversa, parámetros graficados.
¿Sabes cuáles son los parámetros que se miden dentro del reactor biológico?	Conocen los parámetros y normas que las rigen.

¿Cuál es el nombre de la bacteria con la que trabaja la planta?	El 100% conoce el nombre de la bacteria, expresan que se ha solicitado pero no se cuenta con ambas bacterias.
¿Conoces el procedimiento para adicionar la bacteria?	Conocen el procedimiento sin embargo, expresaron la importancia de contar con una ayuda visual.
¿Recibes retroalimentación sobre tus actividades?	Si se recibe retroalimentación.
¿Con qué frecuencia recibes esas retroalimentaciones?	No se recibe de manera frecuente.
¿Cuál es el indicativo de que el estado del agua es el correcto?	Se cuenta con varios indicativos.
¿Conoce si existe algún plan en caso de contingencia?	No se cuenta con plan de contingencia sin embargo conocen las acciones para reaccionar ante una contingencia.
¿Conoces la Norma ISO 14001-2015?	Conocen la norma.

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar las encuestas, todos los resultados fueron revisados y autorizados por el coordinador ambiental quién autorizo dar seguimiento a los resultados analizados.

Se identificaron dentro de las encuestas los siguientes resultados que se consideraron como áreas de oportunidad:

- *Los operadores que llevaban poco tiempo laborando no identifican de manera correcta el organigrama de los responsables de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.*
- *No se reciben de manera constante capacitaciones en torno al cuidado del medio ambiente.*
- *Expresan la importancia de una ayuda visual para adición de bacteria, que se has solicitado con anticipación, pero no ha habido seguimiento.*

- *Varios indicativos que muestran el estado de la planta sin embargo no se cuenta con uno de manera directa.*
- *Comentan que no se cuenta con un plan en caso de contingencia.*

Se concretaron las juntas con el coordinador ambiental, así como también con el responsable de la Planta de Tratamiento de Agua Residual dónde se contestó el cuestionario propuesto en el capítulo 2; identificado como “Cuestionario 2. Cuestionario gestión de planta de tratamiento de agua residual” arrojando los siguientes resultados (tabla 10).

Tabla 10. Resultado de la encuesta realizada al coordinador ambiental y responsable de la planta.

Resultado de la encuesta realizada al coordinador ambiental y responsable de la planta	
¿En qué fecha comenzaste a trabajar en la planta?	Ambos cuentan con más de 15 años laborando en la planta.
¿Recibiste una capacitación al integrarte a tus labores?	Recibieron capacitación.
¿Conoces la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual?	Conocen la infraestructura.
¿Con qué frecuencia visita la planta de tratamiento de agua residual?	Visitas diarias.
¿Conoce a los operadores de ambos turnos?	Mantiene contacto con los operadores.
¿Con qué frecuencia da una retroalimentación a los operadores de la planta?	Constantemente.
¿Cuál es el nombre de la bacteria con la que trabaja la planta?	Conoce el nombre de la bacteria y menciona que se cuentan con insumos necesarios.
¿Cuenta con algún plan en caso de contingencia?	Si hay un plan de contingencia.

¿Cuenta con algún plan de mantenimiento preventivo?	Si hay un plan de mantenimiento.
¿Cuenta con un registro del estado de los equipos que integran la planta?	Si hay un registro del estado de los equipos.
¿Cuenta con alguna programación que indique los permisos de operación de la planta?	Se trabaja con el calendario anual legal.
¿Cuáles son los controles operacionales con los que da seguimiento?	<p>“Checklist” de supervisión de la planta donde se integran los parámetros que se miden, el estado de las muestras.</p> <p>Llenado diario de bitácora específica por parámetros.</p> <p>Reporte mensual donde se integra:</p> <p>Parámetros, influentes/efluentes, control osmosis inversa, parámetros graficados.</p> <p>Plan de mantenimiento preventivo.</p> <p>Plan de mantenimiento correctivo.</p> <p>Formatos de registro de mantenimiento.</p> <p>Juntas sobre el estado de la planta.</p>
¿Conoces la Norma ISO 14001-2015?	Conoce la norma.

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar las encuestas los resultados fueron revisadas y autorizadas por el coordinador ambiental quién autorizo dar seguimiento a los resultados analizados.

Se identificaron dentro de las encuestas los siguientes resultados que se consideraron como áreas de oportunidad:

- *Tanto el coordinador ambiental como el responsable de la planta cuentan con más de 15 años de experiencia en el ramo trabajando con la planta.*
- *Conocen infraestructura, sin embargo, al revisar los documentos requeridos facilitados por la aplicación de encuesta se identifica que no se encuentra actualizado el diagrama de flujo con los equipos que conforman la planta.*

- *Identifican como disponible y abastecida la bacteria que se utiliza en el proceso, sin embargo, los operadores expresan que no hay disponible y se ha solicitado con antigüedad.*
- *Se cuenta con un plan de mantenimiento, contingencia y registro del estado de la planta, sin embargo, este no está siendo utilizado actualmente.*

Se realizaron las cuatro visitas de manera simultánea cuando se programaron las encuestas con los operadores lo cual nos arroja el siguiente resultado (tabla11).

1. La infraestructura del canal de tratamiento de aguas residuales es la siguiente:

Tabla 11. Infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual	
1. Cárcamo de rebombeo o bomba de la palapa.	15. Digestor de lodos.
2. Canal de entrada y cibrado.	16. Tanque de lodos.
3. Cárcamo de homogeneización.	17. Filtro prensa.
4. Reactor biológico.	18. Lechos de secado.
5. Sopladores.	19. Panel de control.
6. Clarificador (sedimentador).	20. Dosificador de cloro.
7. Tanque de agua clara.	21. Medidor de flujo del efluente.
8. Filtros de microporo.	22. Compresor.
9. Filtros multimedia.	23. Tote para lodos.
12. Filtros de carbón activado.	24. Medidor de agua recuperada.
13. Lámparas de luz ultravioleta.	25. Sistema de riego.
14. Osmosis inversa.	

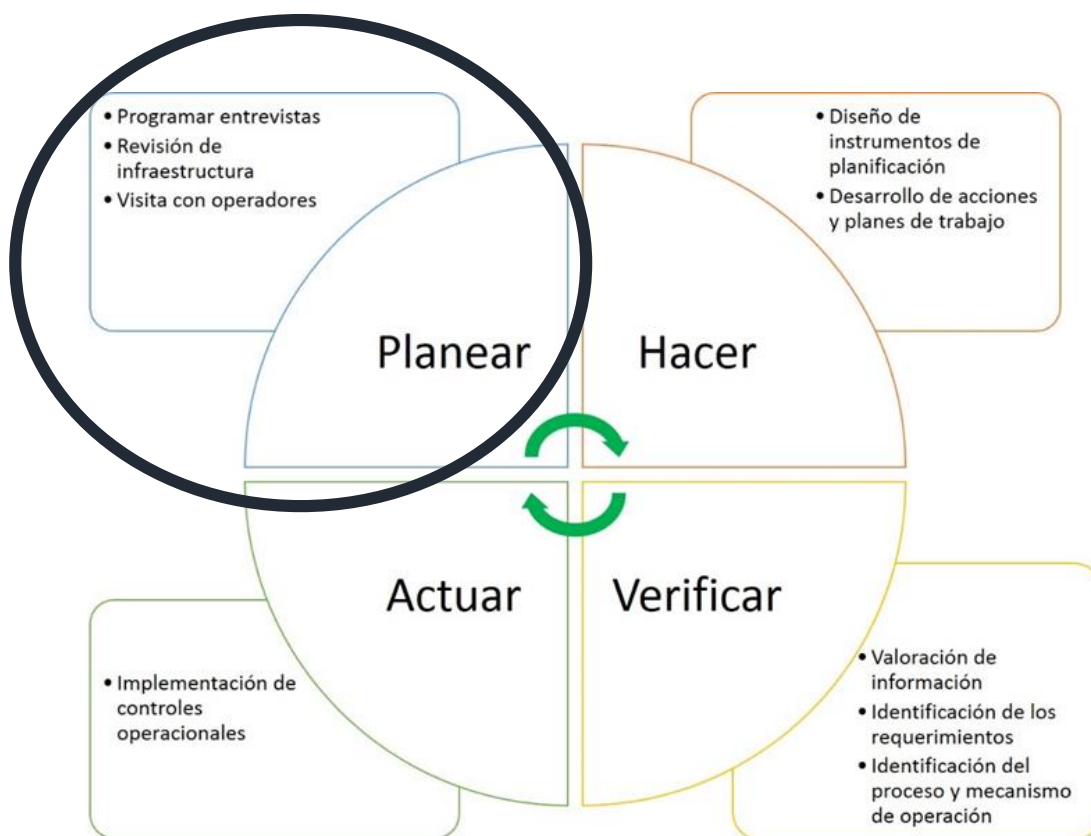
Fuente: Elaboración propia.

2. Como revisión de los documentos que se solicitaron se encontraron, el plan de mantenimiento preventivo, plan de mantenimiento correctivo, formatos de registro de mantenimiento, diagrama de flujo. Los controles operacionales se encontraban en la administración sin embargo no estaban vigentes, ni disponibles para los operadores al igual que el diagrama de flujo no se encuentra actualizado con el equipo de osmosis integrado al diagrama.
3. Como seguimiento a las visitas y a los controles operacionales se detectó que el “Checklist” de visitas diarias requería actualizaciones debido a que por su composición había parámetros que pasaban por alto al integrar de manera general los puntos de revisión como lo es la calidad del efluente, estado de las bombas, sopladores y tanques, calidad del clarificador, filtro prensas, lecho de secado, así como también el proceso de osmosis inversa no estaba integrado.
4. Se menciona en los resultados de la encuesta que en el proceso de adición de la bacteria existe una diferencia referente a lo conocido por los operadores y los responsables de la planta por falta de insumos. Referente al proceso de adición de bacteria se conoce el procedimiento sin embargo se menciona importante adicionar un apoyo visual para los nuevos integrantes.
5. Debido a lo repetitivo del seguimiento diario se identifica que sería necesario adicionar algún indicativo que muestre de manera sintetizada el estado de la planta, con la finalidad de que si llega a haber una situación se pueda identificar con anticipación, para así ser detectados de manera pronta por los responsables u operadores de la planta.
6. Existen procedimientos y manuales referentes a los temas de contingencia sin embargo no se encuentran en funcionamiento, se identifica que sería necesario incluir de manera sistemática partiendo como base de los planes ya existentes complementando así los controles operacionales para con esto darle seguimiento a lo ya planteado con anterioridad.

7. Se verificó el estado de los trámites incluyendo, permisos de operación, cumplimiento de la legislación ambiental, seguimiento a permisos y normas aplicables a la Planta de Tratamiento de Agua Residual.
8. Dentro de la industria se trabaja con un “árbol de posiciones” sin embargo se menciona que debería haber un organigrama específico para la planta de tratamiento de agua con la finalidad de ser más accesible para los operadores.
9. Se realizan constantemente charlas y capacitaciones en torno al cuidado del medio ambiente y sustentabilidad, sin embargo, se menciona que no llegan a ser accesibles para los operadores de la planta.
10. Se realizan mensualmente juntas con los directivos y coordinador ambiental en las cuales se comenta el estado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, sin embargo, se estima que la periodicidad no es constante y el tiempo de respuesta a partir de la fecha de la junta no coincide con la espera de respuesta a contingencias de la planta, generando ocasionalmente retardo en la respuesta a situaciones o rezago de actividades.

Estas acciones detectadas se generan en respuesta a la primera etapa de aplicación del Ciclo PHVA, en el apartado de “Planear” (figura 3), se cumple con lo marcado en el apartado que contempla: Programar entrevistas, Revisión de infraestructura, y visita con operadores, cumpliendo con lo estipulado en este apartado se permite continuar con las siguientes etapas ya que se cuenta con los elementos requeridos básicos para desarrollar las siguientes etapas.

Figura 3. Ciclo PHVA, extracto “Planear” para desarrollo de la investigación.








Fuente: Elaboración propia.







En respuesta a las oportunidades detectadas antes mencionadas se generan los siguientes resultados y controles operacionales:

1. Se logró conocer la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, la cual se integra a continuación (tabla12).

Tabla 12. Infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual con imágenes.

Infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Residual con imágenes			
1. Cárcamo de rebombeo o bomba de la palapa		2. Canal de entrada y cibrado.	
3. Cárcamo de homogeneización		4. Reactor biológico	
5. Sopladores		6. Clarificador (sediimentador).	

<p>7. Tanque de agua clara</p>		<p>9. Filtros de microporo</p>	
<p>10. Filtros multimedia</p>		<p>11. Filtros de carbón activado.</p>	
<p>12. Lámparas de luz ultravioleta</p>		<p>13. Osmosis inversa</p>	
<p>14. Digestor de lodos</p>		<p>15. Tanque de lodos</p>	
<p>16. Filtro prensa</p>		<p>17. Lechos de secado</p>	

18. Panel de control		19. Dosificador de cloro	
20. Medidor de flujo del efluente		21. Compresor	
23. Medidor de agua recuperada		24. Sistema de riego	

Fuente: Elaboración propia.

Tras analizar el tren de tratamiento de agua y realizar las visitas se determina que el orden y el seguimiento que lleva es el correcto para el flujo y el tipo de influente que se recibe en la planta, basado en la teoría aplicable a los tipos de tratamiento que se requieren para tratar aguas residuales, se considera que incluye las siguientes etapas:

- Influyente.
- Pre-Tratamiento.
- Tratamiento Primario.
- Tratamiento Secundario.
- Efluente.
- Reúso.
- Descarga.

Cada una de las etapas del tren de tratamiento se integran para tratar puntos específicos, los cuales en conjunto contemplan la posibilidad de cumplir con lo estipulado en la legislación ambiental, en las normas para obtener los objetivos planteados dentro de la industria automotriz como su base para sus resultados de tratamiento.

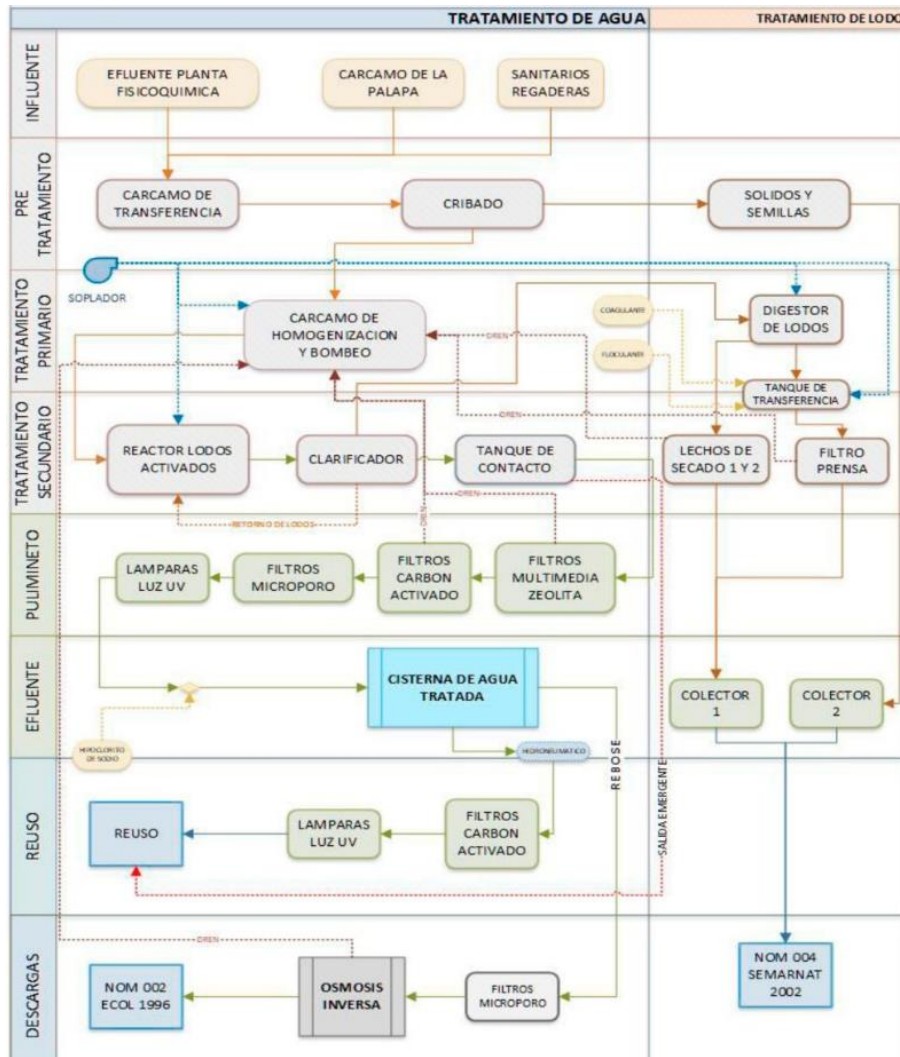
Se especificó el plan de trabajo de los operadores de la Planta quedando de la siguiente forma las actividades diarias:

- Revisión del cárcamo de bombeo de la palapa
- Recorrido de la planta biológico
- Medición de parámetros.
- Limpieza de criba.
- Traspaleo de lodos al digestor.
- Revisión de filtro microporo.
- Limpieza o cambio de filtros de microporo.
- Revisión dosificación de hipoclorito.
- Inyección de lodos al filtro prensa.
- Llenado de lechos de secado.
- Remoción de lodos de los lechos de secado.
- Retro lavado de los filtros Zeolita.
- Retro lavado de los filtros de carbón activado.
- Retro lavado de filtro carbón activado reúso.
- Cambio de operación de sopladores 1-2.

La importancia de conocer cuáles son las actividades diarias de los operadores radica en que se realizará actualización del “Checklist” diario de operación y es necesario conocer qué acciones se manejan dentro de la planta y como es que se documentan los parámetros para con esto adecuar las actualizaciones, buscando que sea más ideal para las necesidades de la planta.

2. Se detectó que el diagrama de flujo general de la Planta de Tratamiento de Agua Residual no se encontraba actualizado, ya que no incluía el equipo de osmosis inversa que se encuentra ya instalado y en operación, el diagrama se actualizó quedando de la siguiente forma (diagrama 2):

Diagrama 2. Diagrama de infraestructura planta de tratamiento de agua residual.



Fuente: Elaboración propia con apoyo por parte de operador de la planta.

Se presenta de manera formal el diagrama de flujo al coordinador y responsable ambiental, autorizándolo e integrándolo al plan de trabajo como el “Diagrama Planta de Tratamiento de Agua Residual 2021”.

3. En revisión a las visitas y controles operacionales se determinó que el “Checklist” diario de revisión de la planta de tratamiento de aguas residuales requería una actualización. Se realizaron las adecuaciones quedando de la siguiente forma.

Se especificaron los puntos de supervisión con su ubicación la cual se comienza en el inicio del tren de tratamiento, se mencionan las actividades que se deben de revisar esto con la finalidad de no pasar por alto alguna actividad. Se integró un indicativo de cumplimiento dividido en “Si” en caso de estar en cumplimiento o “No” en el caso contrario, se agregó también un apartado de comentarios en el cual se especifica que en caso de solicitar alguna orden de trabajo para mantenimiento es donde se anexa, para que de manera más accesible se pueda identificar que es necesario dar seguimiento, asegurando de misma forma que se solicite el mantenimiento del equipo (figura 4).

Figura 4. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

#	PUNTOS A SUPERVISAR/UBICACIÓN	REVISAR QUE:	CUMPLE	COMENTARIOS
1 TANQUE DESARENADOR				
a)	Limpieza de canales de entrada	<i>Limpios y sin obstrucciones</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
b)	Limpieza de plataforma	<i>Sin solidos y sin grasas</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
c)	Nivel del influente	<i>Debe estar por debajo de escotillas</i>	MAX <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> MIN	

Fuente: Elaboración propia.

Al inicio de la revisión se anexa un apartado en el cual se maneja un control basado en “máximo y mínimo” con el objetivo de tener desde un inicio un aproximado sobre que esperar con el nivel de carga en las siguientes estaciones.

Se anexa en cada punto que incluya el uso de una bomba un indicativo expresado como “B1” y “B2” en el cual se dará seguimiento sobre cuál es la bomba que está activa en el turno para asegurar que se cumplan los tiempos de descanso de los aparatos (figura 5).

Figura 5. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

b) Bomba en Operación:	<input type="checkbox"/> B1 <input type="checkbox"/> B2	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
------------------------	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Se anexa en cada punto donde incluya el uso de un soplador un indicativo expresado como “S1” y “S2” en el cual se dará seguimiento sobre cuál es el soplador que está activo en el turno para asegurar que se cumplan los tiempos de descanso de los aparatos (figura 6).

Figura 6. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

5 REACTOR BIOLÓGICO

a) Soplador en Operación:	<input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> S2 <i>Debe existir burbujeo</i>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
---------------------------	--	---

Fuente: Elaboración propia.

En el sistema de pulimento se trabajan dos tanques de tratamiento de filtros, el primero con tratamiento de zeolita y el segundo de carbón activado, en los cuales se incluyó un indicativo dependiendo del tipo de filtro y tanque con el que se trabaje en el turno identificándolos como “Z1” y “Z2” a los filtros de zeolita, y “C1”, “C2” y “C3” a los filtros de carbono, el dividirlos e identificarlos así permitirá que en caso de requerir algún mantenimiento sea más accesible identificarlos (figura 7).

Figura 7. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

9 SISTEMA DE PULIMIENTO

a) Filtro de Zeolita en Operación:	<input type="checkbox"/> Z1 <input type="checkbox"/> Z2	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
b) Filtro de Carbon Act. en Operación:	<input type="checkbox"/> C1 <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> C3	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Fuente: Elaboración propia.

En seguimiento al punto 5. Que menciona “Se identifica que sería necesario adicional algún indicativo que muestre de manera sintetizada el estado de la planta, con la finalidad de que si llega a haber con anticipación indicativos sobre el estado sean detectados de manera pronta por cualquiera de los responsables u operadores de la planta”.

Partiendo del área de oportunidad se generó un “Semáforo del estado de la planta”, el cual es un indicativo visual que se interpreta de la siguiente forma: (figura 8)










-  El color verde indica que la calidad es la correcta.
-  El color amarillo indica que hay alguna variación en los parámetros.
-  El color rojo indica que el estado no es el correcto.

Figura 8. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.





d) Calidad de agua influente	<i>Sin solidos, color café y sin grasas</i>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>
5 REACTOR BIOLÓGICO				
a) Soplador en Operación:	<input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> S2 <i>Debe existir burbujeo</i>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
b) Apariencia y olor del reactor	<i>Debe ser color café y oler a tierra mojada</i>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia.

El mantener un indicativo visual en el punto exacto donde se detecta por primera vez el estado de la corriente permitirá que se lleven a cabo las medidas necesarias para que esto no se expanda por las demás estaciones de la planta.

En el apartado de sistema de reuso de agua tratada, se integró un parámetro visual el cual se enfoca en marcar de manera sistemática e identificar el color que presenta la muestra en el flujo de salida, los colores representan una tonalidad similar a las variantes que pudieran presentarse, para puntualizar el estado de la calidad del agua en los parámetros de “bien” o en caso contrario “mal” (figura 9).

Figura 9. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

11 SISTEMA DE REUSO DE AGUA TRATADA				
a) Bomba de riego en Operación:	<input type="checkbox"/> B1 <input type="checkbox"/> B2	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
b) Revisión de hidroneumático:	<i>Revisión Presión de arranque y paro</i>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
c) Revisión de Calidad de Efluente	<i>Agua sin color ni olor</i>	BIEN	<input type="checkbox"/>	    MAL

Fuente: Elaboración propia.

Durante los recorridos se identificó un arrastre de grasas el cual no se identificaba de dónde provenía, se realizó un seguimiento interno diferente a la presente investigación. Como resultado se solicitó que dentro del “Checklist” se integrara un indicativo para las trampas de grasa que se encuentran y provenían del área de comedor (figura 10).

Figura 10. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

18 TRAMPAS DE GRASA DE COMEDOR				
a) Revisión de trampas de grasa	TRAMPA 1	TRAMPA 2	TRAMPA 3	REGISTRO
Limpios, sin sólidos y no rebosar grasa	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Fuente: Elaboración propia.

Se identificaron tres trampas y un registro así que se anexo de manera específica cada una para asegurar que se revisara su estado de manera diaria.

Se realizó una identificación de los parámetros según las normas NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, la norma mexicana NMX-AA-093-SCFI-2018 análisis de agua – Medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, y la norma mexicana NMX-AA-008-SCFI-2016 análisis de agua.- Medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- Método de prueba (figura 11).

Figura 11. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

REGISTRO DE PH				
CARCAMO HOMOGENIZACION 7.00 A 7.50	REACTOR BIOLÓGICO 7.00 A 7.50	CLARIFICADOR 7.00 A 8.00	PULIMIENTO 7.00 A 8.00	OSMOSIS INVERSA 5.50 A 6.90

REGISTRO DE CONDUCTIVIDAD				
CARCAMO HOMOGENIZACION 6000 µS	REACTOR BIOLÓGICO 6000 µS	CLARIFICADOR 4500 µS	PULIMIENTO 2500 µS	OSMOSIS INVERSA 900 µS

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó y marcaron los parámetros límites que no deben excederse de índice de volumen de lodos, cloro residual en aguas de reúso y oxígeno disuelto en el reactor biológico (figura 12).

Figura 12. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.

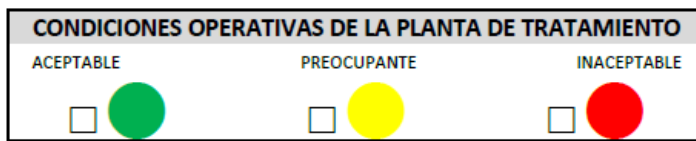
IVL EN EL REACTOR BIOLOGICO <small>LIMITE DE 500 A 850 ML/L</small>	COLOR RESIDUAL EN AGUA DE REUSO <small>LIMITE 1 PPM</small>	OXIGENO DISUELTO EN EL REACTOR BIOLOGICO <small>LIMITE 2.3 MG/L</small>

Fuente: Elaboración propia.

Contar con los rangos permisibles de manera sintetizada permitirá que se tenga de manera visual e identificada que no son rebasados estos parámetros.

El resultado de llenado de la “Checklist considerando cada parámetro estipulado revisado durante los turnos de los operadores nos dará como resultado un estado actualizado sobre el comportamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, el cual de manera visual se expresará con el semáforo de estado de la planta de la siguiente forma: (figura 13)

Figura 13. Extracto de “Checklist” revisión Planta de Tratamiento de Agua Residual.



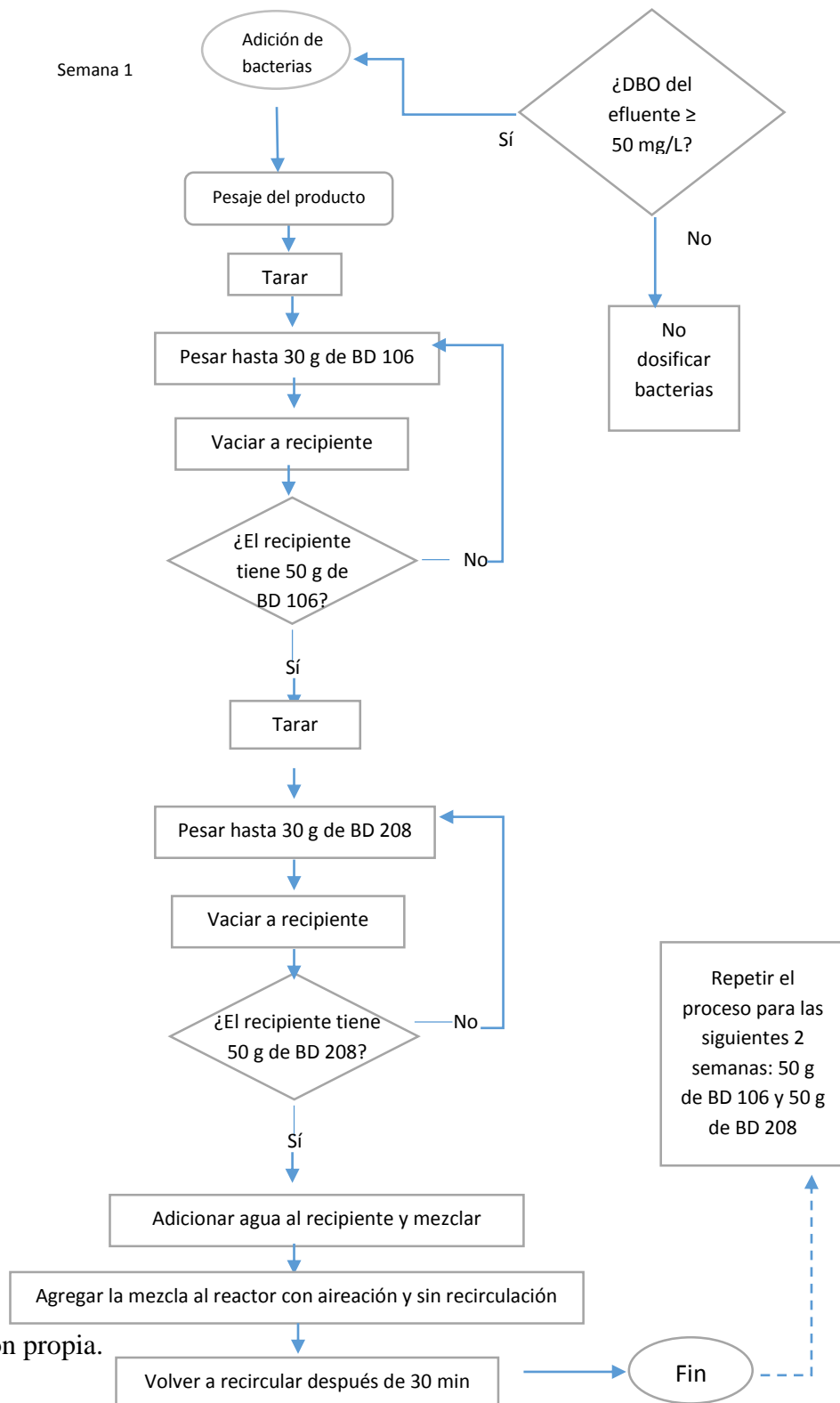
Fuente: Elaboración propia.

Se anexa un apartado de notas o comentario en caso de requerir alguna especificación extra sobre el estado de la planta.

Todas las adecuaciones y correcciones que se realizaron al “Checklist” de la Planta de Tratamiento de Agua Residual han sido verificadas, corroboradas y autorizadas por el coordinador ambiental.

4. Durante la encuesta realizada a los operadores se solicita que es necesario un apoyo visual para realizar la adición de la bacteria en el reactor biológico, tras autorización del coordinador ambiental se procede a generar lo siguiente:

Diagrama 3. Adición de bacterias a la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

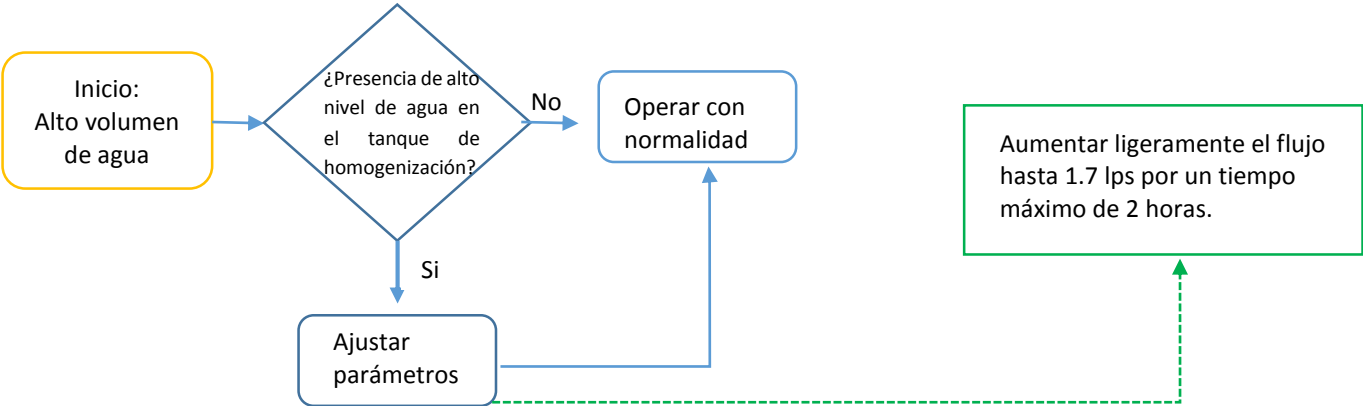


Fuente: Elaboración propia.

El diagrama y apoyo visual generado fue anexado al programa interno de la planta de Tratamiento de Agua Residual, así como también en el pizarrón que se encuentra dentro de la oficina de la planta, además se dejó colgado para que se encuentre disponible si llega a ser requerido en el momento.

- 5. Se contempló la existencia de planes operativos que en administraciones pasadas estaban activos para la operación, sin embargo, por actualizaciones de equipos y de tratamiento se quedaron obsoletos, para atender el punto 6 se retomaron estos procedimientos y planes para la generación del plan de contingencia de manera sistemática, así como generación del apoyo visual para un mejor acceso por parte de los operadores, quedando de la siguiente forma:

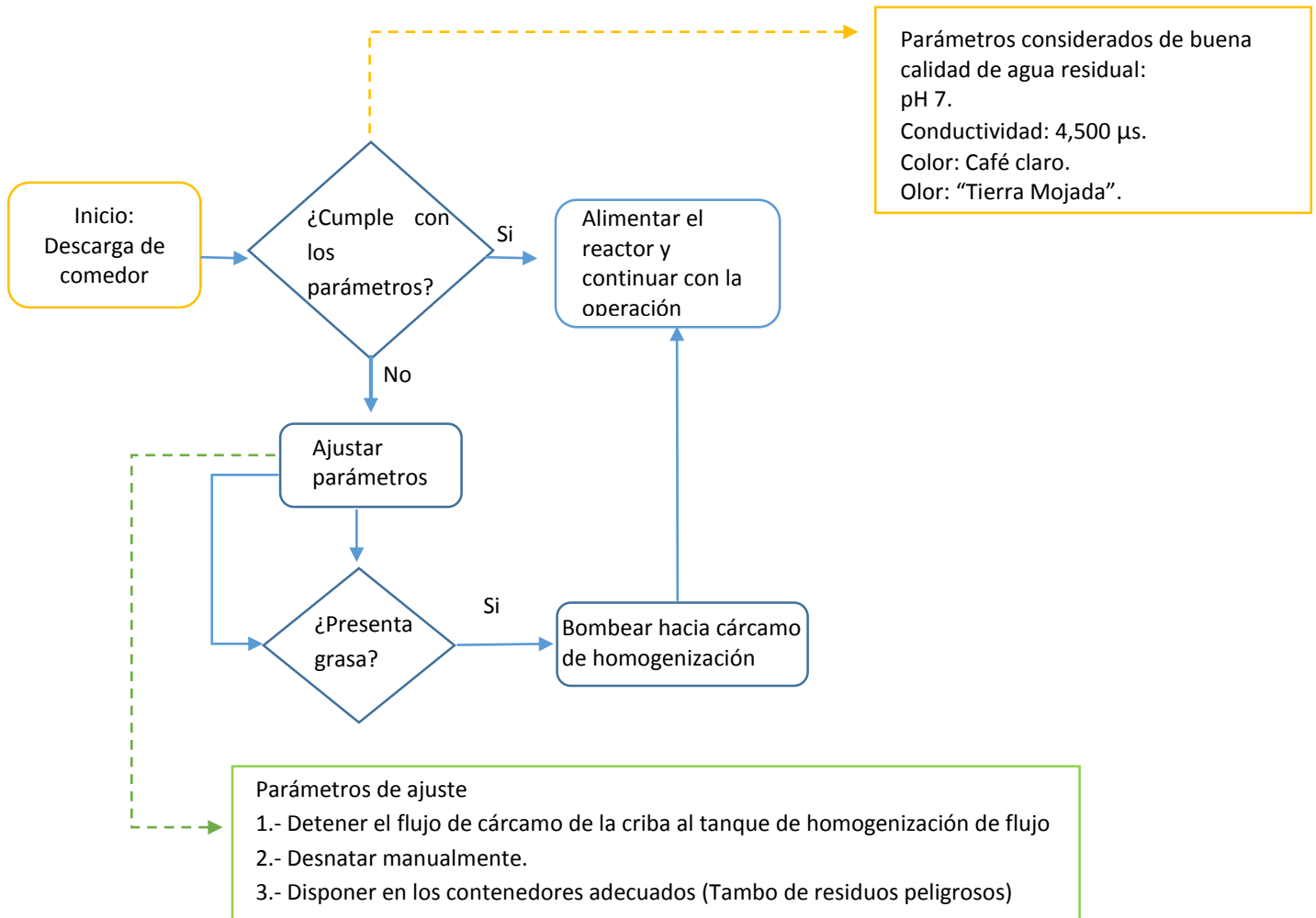
Diagrama 4. Plan de contingencia en caso de volumen alto de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Este plan de contingencia debe activarse en caso de que se presente un alto volumen de agua dentro del tanque de homogenización. La acción será ajustar los parámetros aumentando ligeramente el flujo hasta obtener 1.7 lps en un tiempo máximo de 2 horas esto para lograr disminuir el volumen del agua consiguiendo estabilidad en el tanque de homogenización.

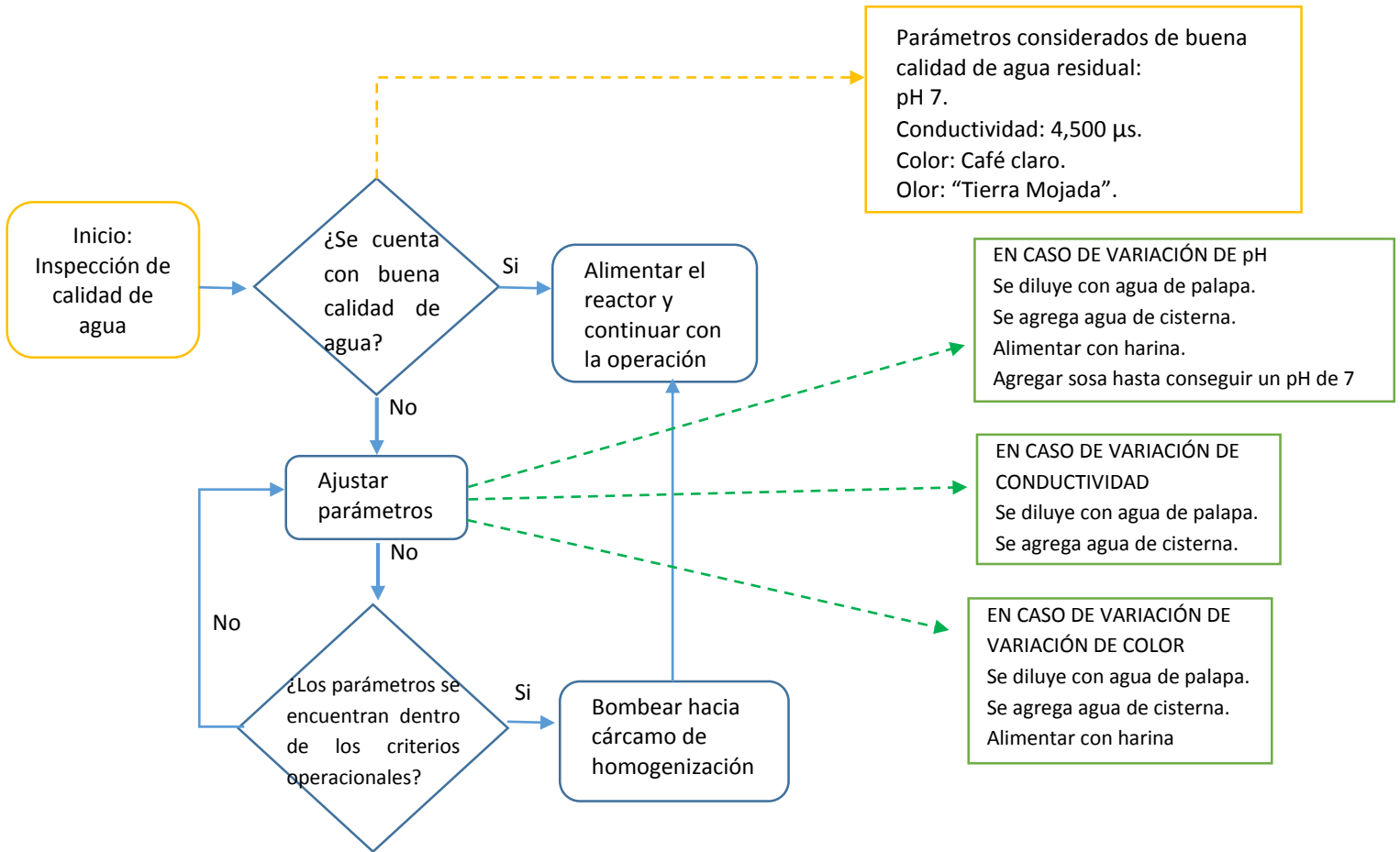
Diagrama 5. Plan de contingencia en caso de presencia de grasa proveniente de comedor.



Fuente: Elaboración propia.

Este plan de contingencia debe activarse en caso de que se presente grasa proveniente del área de comedor, en caso de presentar grasa se debe bombear el flujo hasta el cárcamo de homogenización y ajustar los parámetros de la siguiente forma: Detener el flujo de cárcamo, desnatar manualmente y disponer en los contenedores adecuados, una vez ajustados los parámetros se deberá alimentar el reactor y continuar con la operación.

Diagrama 6. Plan de contingencia en caso de mala calidad de agua.

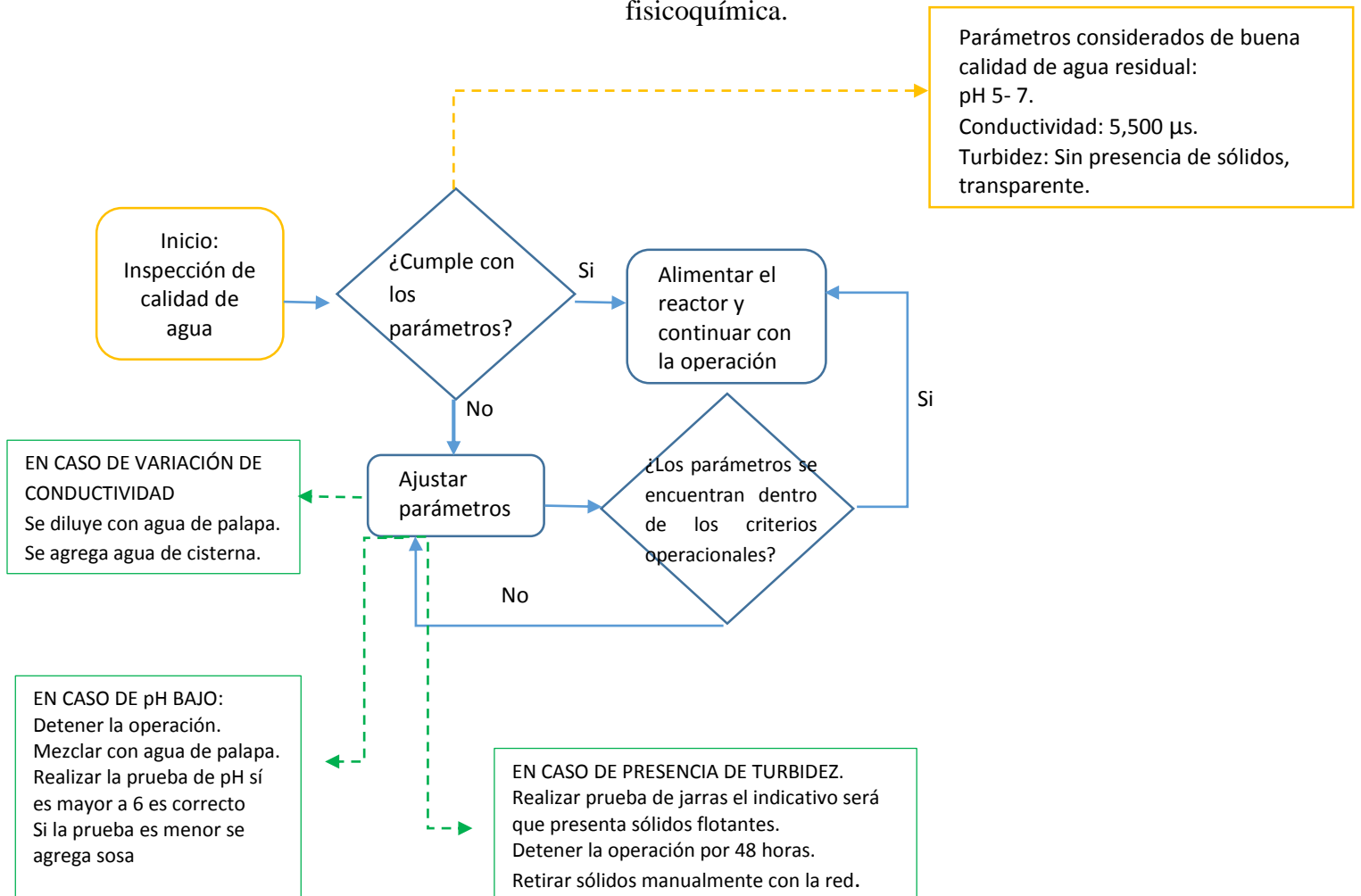


Fuente: Elaboración propia.

Este plan de contingencia debe activarse en caso de que se tenga una mala calidad del agua, por ejemplo si se presenta una variación de pH las acciones son: Diluir con agua de palapa, agregar agua de cisterna, alimentar con harina, agregar sosa hasta conseguir un pH de 7.

En caso de variación de conductividad, diluir con agua de palapa y agregar agua de cisterna hasta que se encuentre en los parámetros estipulados. En caso de variación de color diluir con agua de palapa, agregar agua de cisterna y alimentar con harina, una vez ajustados los parámetros se deberá bombear hacia el cárcamo de homogenización, alimentar el reactor y continuar con la operación.

Diagrama 7. Plan de contingencia en caso de mala calidad de agua proveniente de planta fisicoquímica.

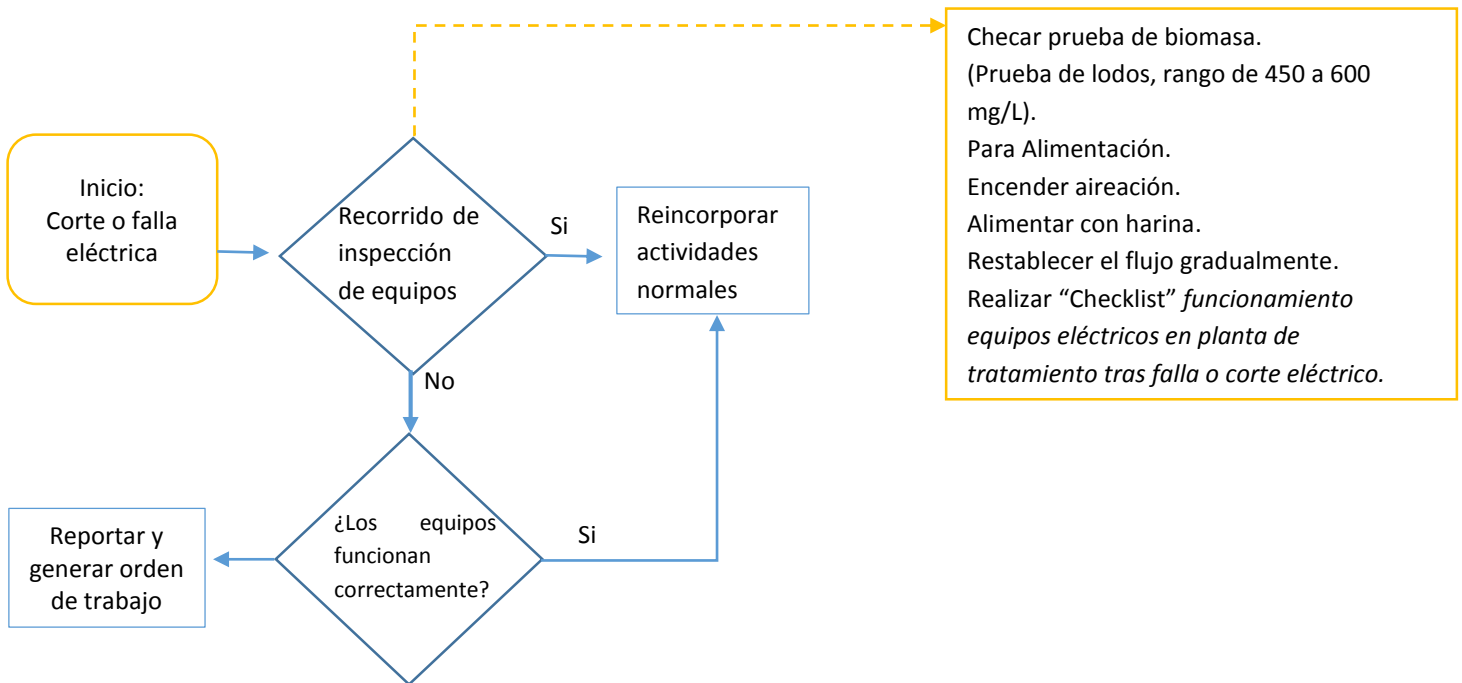


Fuente: Elaboración propia.

Si se recibe agua de mala calidad proveniente de la planta fisicoquímica se deberá realizar un ajuste de parámetros. Dependiendo de la variación que se presente si es en la conductividad diluir con agua de palapa y agregar agua de cisterna hasta que se encuentre en los parámetros estipulados. En caso de presentar un pH bajo, detener la operación, mezclar con agua de palapa, realizar la prueba de pH si es mayor a 6 es correcto, si la prueba es menor se agrega sosa.

Si existe presencia de turbidez, se debe realizar la prueba de jarras donde el indicativo será la presencia de sólidos flotantes, se detendrá la operación por 48 horas, serán retirados los sólidos manualmente con la red.

Diagrama 8. Plan de contingencia en caso de corte o falla eléctrica.



Fuente: Elaboración propia.

En caso de corte o falla eléctrica es necesario realizar un seguimiento y verificación del estado de los equipos con el objetivo de que cuando se restaure la corriente eléctrica no provoquen alguna descarga que pueda desconfigurar los equipos y afectar la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Como complemento del punto 5. Se anexa el punto 5.5 en el cual se identificó la importancia de contar con una “Checklist” que contemple el buen funcionamiento de los equipos eléctricos que conforman la Planta de Tratamiento de Agua Residual después de un corte eléctrico dando como resultado lo siguiente:

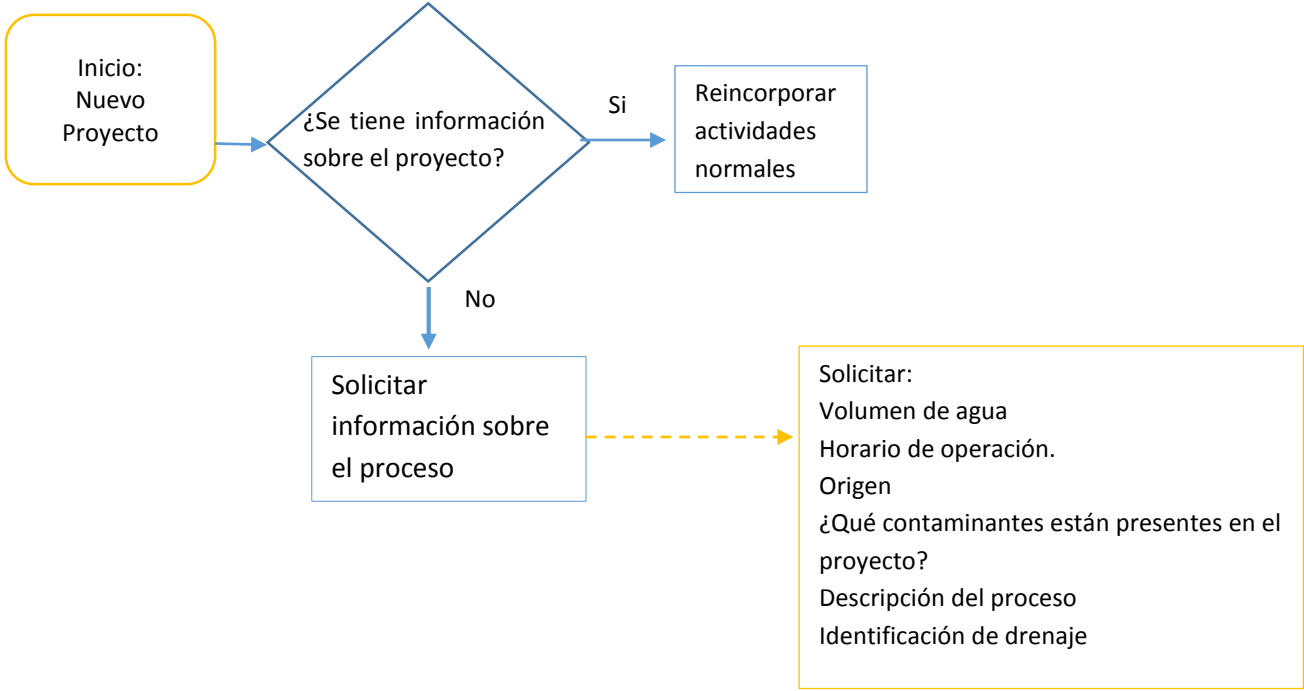
Checklist 1. Funcionamiento equipos eléctricos en planta de tratamiento tras fallo o corte eléctrico.

Funcionamiento equipos eléctricos en planta de tratamiento tras fallo o corte eléctrico			
Quien reporta		Fecha:	
Turno	¿Funciona?		Orden de Trabajo
Tablero Eléctrico de Control de Motores: Bomba 1 (Para lodos) Bomba 2 (Para lodos)	Si	No	
Bombas Cárcamo de Palapa Bomba 1 Bomba 2	Si	No	
Tanque de Criba Bomba (sumergible)	Si	No	
Cárcamo de Homogenización (Rebombeo) Bomba 1 Bomba 2	Si	No	
Sopladores / Aireación Lóbulo 1 con motor Lóbulo 2 con motor	Si	No	
Clarificador Bomba 1 (Retorno de Lodos) Bomba 2 (Agua Clara)	Si	No	
Digestor de Lodos Bomba 1 (Para lodos) Filtro Prensa (29 Dobles) Bomba Neumática (aire comprimido)	Si	No	
Compresores de Aire Compresor 1 (Atlas) Compresor 2 (Ingersolrand)	Si	No	
Secador de Aire Filtro de aire	Si	No	
Filtro Multimedia Zeolita 1 Zeolita 2 Carbón Activado 1 Carbón Activado 2	Si	No	
Bomba Dosificadora de Cloro Bomba	Si	No	
Lámparas UV 6 lámparas	Si	No	
Sistema de Reúso Bomba 1 Bomba 2	Si	No	
Hidroneumático Bomba	Si	No	
Osmosis Equipo	Si	No	

Fuente: Elaboración propia..

Es importante integrar el “Checklist” de funcionamiento de los equipos eléctricos para tener un seguimiento en caso de requerir una orden de mantenimiento y así corroborar que todos los equipos que integran la planta de tratamiento se encuentren trabajando de una manera óptima y sin observaciones después de un fallo eléctrico o corte de electricidad.

Diagrama 9. Plan de contingencia en caso de nuevo proyecto

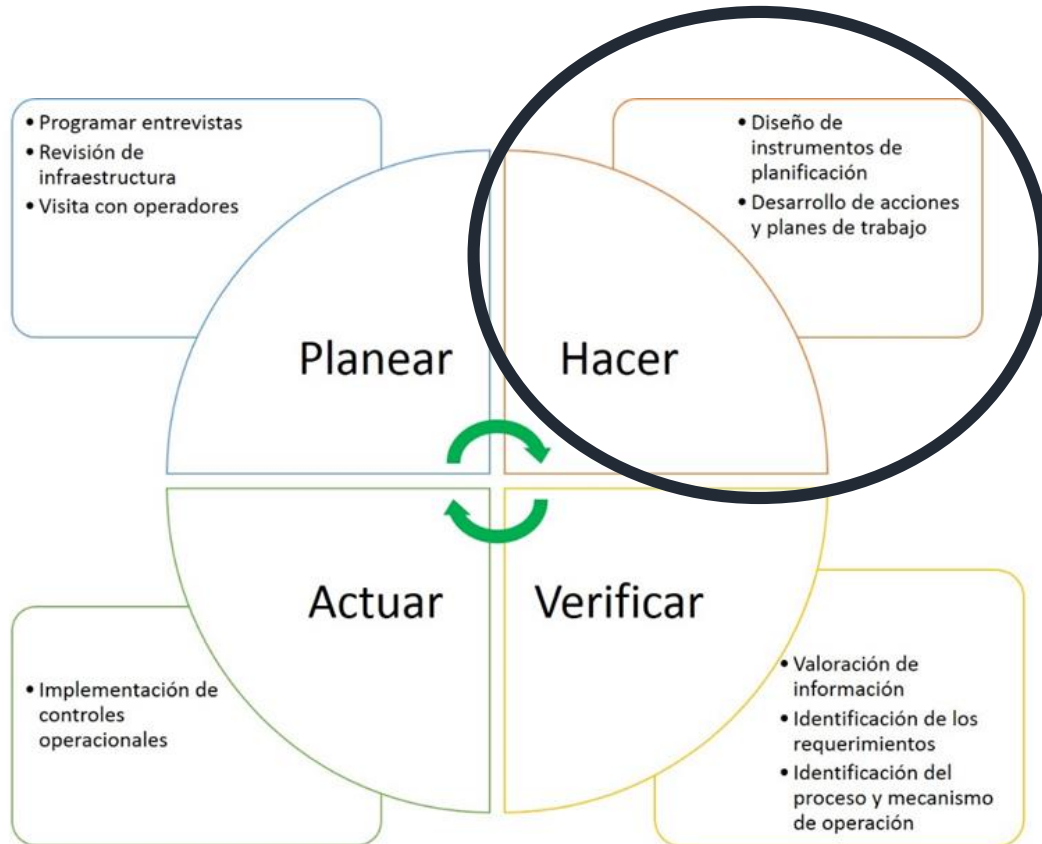


Fuente: Elaboración propia.

Cuando se plantea generar un nuevo proyecto que utilizara agua o generara residuos de agua en su proceso es importante considerar varios aspectos previos que se deben solicitar como el volumen de agua, horario de operación, origen, que tipo de contaminantes arrastrara el proyecto, descripción del proceso e identificación de la salida de drenaje. Esta información será clave para el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, ya que se debe prevenir que la planta tenga los aditamentos correctos para recibir la nueva corriente o en caso de ser una diferente a la que se recibe prepararla, con la finalidad de no provocar muerte de bacterias que pudieran desestabilizar el funcionamiento.

Con las acciones correctivas que se mencionaron con anterioridad se contempló el apartado de “Hacer” del Ciclo PHVA, el cual contemplo el diseño de instrumentos y desarrollo de acciones de trabajo.

Figura 14. Ciclo PHVA, extracto “Hacer” para desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

6. Verificando los trámites junto con el coordinador ambiental.

Se retoma la **Tabla 5**. Permisos que debe cumplir una Planta de Tratamiento de Agua Residual. El resultado original en torno a los permisos no puede ser revelado ya que son datos confidenciales de la Industria en la que se desarrolla la siguiente investigación, sin embargo, se retoma la tabla dónde se mencionan los permisos con los que se debe contar para instalar y mantener en funcionamiento una Planta de Tratamiento de Agua Residual. Sin embargo, se resalta que los resultados en torno a permisos son positivos y se manejan de la manera correcta, actualizada y puntual.

Tabla 5. Permisos que debe cumplir una Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Permisos que debe cumplir una Planta de Tratamiento de Agua Residual		
Permiso	Dependencia	Nivel de Gobierno
Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica	CNA	FEDERAL
Permiso de descarga de Aguas Residuales	SOAPAP	ESTATAL
Licencia Ambiental Única (LAU)	SEMARNAT	FEDERAL
Certificado de condición sanitaria de agua para uso y consumo humano o uso industrial en sistemas de abastecimiento público	CNA	FEDERAL

Fuente: Elaboración propia.

Durante la realización de la presente investigación se nos notificó que hubo modificaciones en torno a la norma oficial mexicana, NOM-001-SEMARNAT-2021 en el cual se menciona que el nuevo nombre que llevará la norma será “Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

Se eliminó el parámetro DBO siendo sustituido por DQO o COT de acuerdo a la concentración de cloruros (<1000 mg/L se analiza y reporta DQO y ≤ 1000 mg/L se analiza y reporta COT).

Se elimina el parámetro de Cóliformes Fecales, siendo sustituido por el parámetro *E.colio Enterococos fecales* de acuerdo al valor de conductividad, deberán analizarse las muestras simples, entonces si la conductividad eléctrica es < 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se analiza y reporta E. coli y si la conductividad eléctrica es ≤ 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se reporta Enterococos fecales

Se elimina el parámetro de materia flotante, sólidos sedimentables. Así como también se anexan los parámetros de color verdadero, toxicidad aguda y apéndice normativo con Puertos de muestreo.

La norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 entra en vigor el 11 de marzo de 2023, para esa fecha ya se habrá finalizado la investigación sin embargo se menciona y se deja estipulado que todos los controles operacionales se pueden actualizan variando dependiendo de las normas y siguientes proyectos.

(SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2022)

7. Para seguimiento de las normas oficiales mexicanas se genera un concentrado de parámetros y límites máximos permisibles de contaminantes del efluente para su descarga final de alcantarillado o reúso (tabla 13).

Tabla 13. Parámetros y límites máximos permisibles de contaminantes del efluente para su descarga final de alcantarillado o reúso.

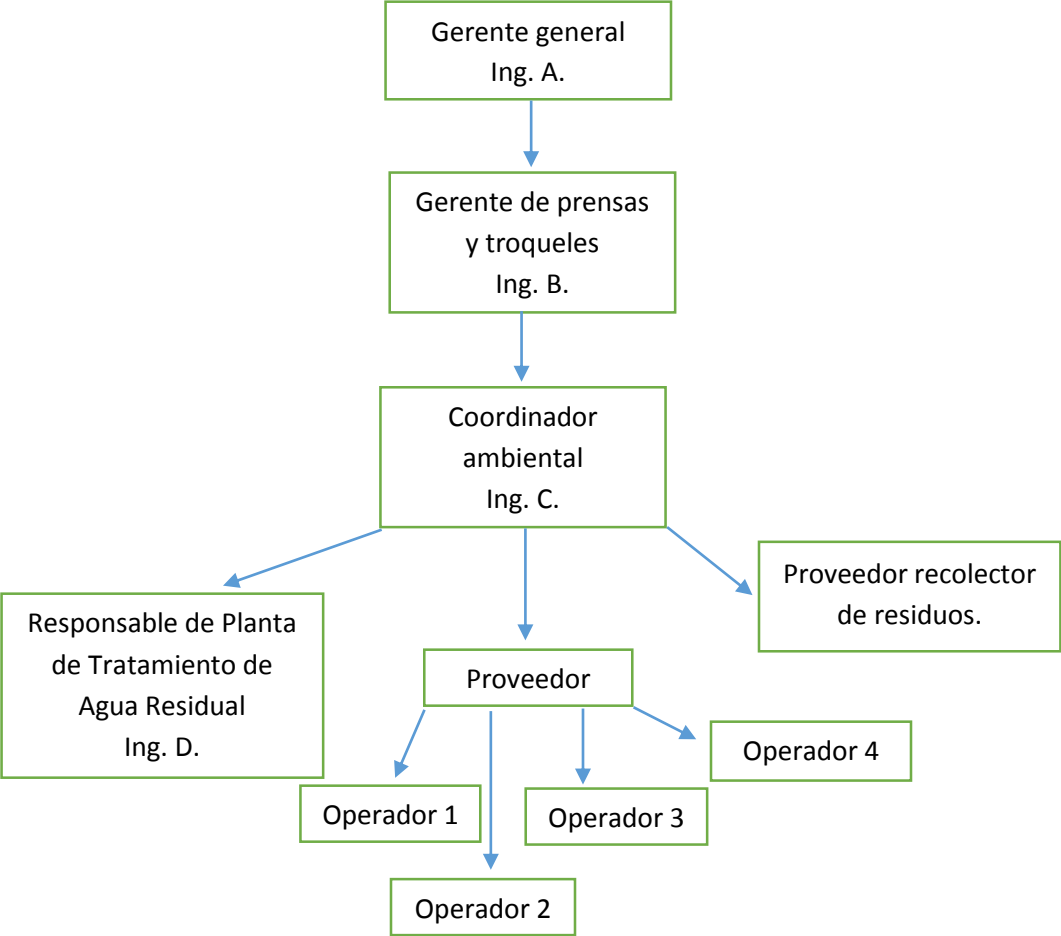
Parámetros y límites máximos permisibles de contaminantes del efluente para su descarga final de alcantarillado o reúso						
Parámetro	Unidad	NOM-003-SEMARNAT-1997 (REUSO)		NOM-002-SEMARNAT-1996 (ALCANTARILADO)		Empresa (REUSO)
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	
Coliformes Fecales	NMP/ 100 mL	1,000	-	-		-
Huevos de helminto	h/ L	≤5	-	-		-
Grasas y aceites	mg/L	15	-	50	75	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	mg/L	30	-	75	150	-
Sólidos suspendidos totales	mg/L	30	-	75	125	-
Materia flotante	Ausente/ Presente	Ausente				-
Arsénico	mg/L	0.2	0.4	0.5	0.75	-
Cadmio	mg/L	0.2	0.4	0.5	0.75	-
Cianuros	mg/L	2	3	1	1.5	-
Cobre	mg/L	4	6	10	15	-
Cromo	mg/L	1	1.5	0.5	0.75	-
Mercurio	mg/L	0.01	0.02	0.01	0.015	-
Níquel	mg/L	2	4	4	6	-
Plomo	mg/L	0.5	1	1	1.5	-
Zinc	mg/L	10	20	6	9	-
Sólidos sedimentables	mg/L	-	-	5	7.5	-
pH	-	-	-	5.5 - 10		5 - 8
Temperatura	°C	-	-	40		
Dureza (CaCO ₃)	mg/L	-	-	-		<250
Calcio	mg/L	-	-	-		<80
Magnesio	mg/L	-	-	-		<80
Cloruros	mg/L	-	-	-		<60
Conductividad	µmho/cm	-	-	-		<800

Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2017).

Los datos que se generan integran en la tabla anterior son extraídos de las normas, y el apartado de reúso es una cifra aproximada de los objetivos de la planta de tratamiento de agua residual puesto que forman parte de la confidencialidad de la industria. Se realiza con la finalidad de tener un concentrado general disponible sobre los valores con los que se debe trabajar.

8. Los operadores nos expresaron la inquietud sobre que confundieron el organigrama de responsables de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, es por esto que se genera el siguiente extracto del organigrama general que se maneja dentro de la industria, los nombres de los coordinadores se quedarán en anónimo por formar parte de los datos confidenciales de la industria (diagrama 10).

Diagrama 10. Organigrama de trabajo Planta de Tratamiento de Agua Residual.

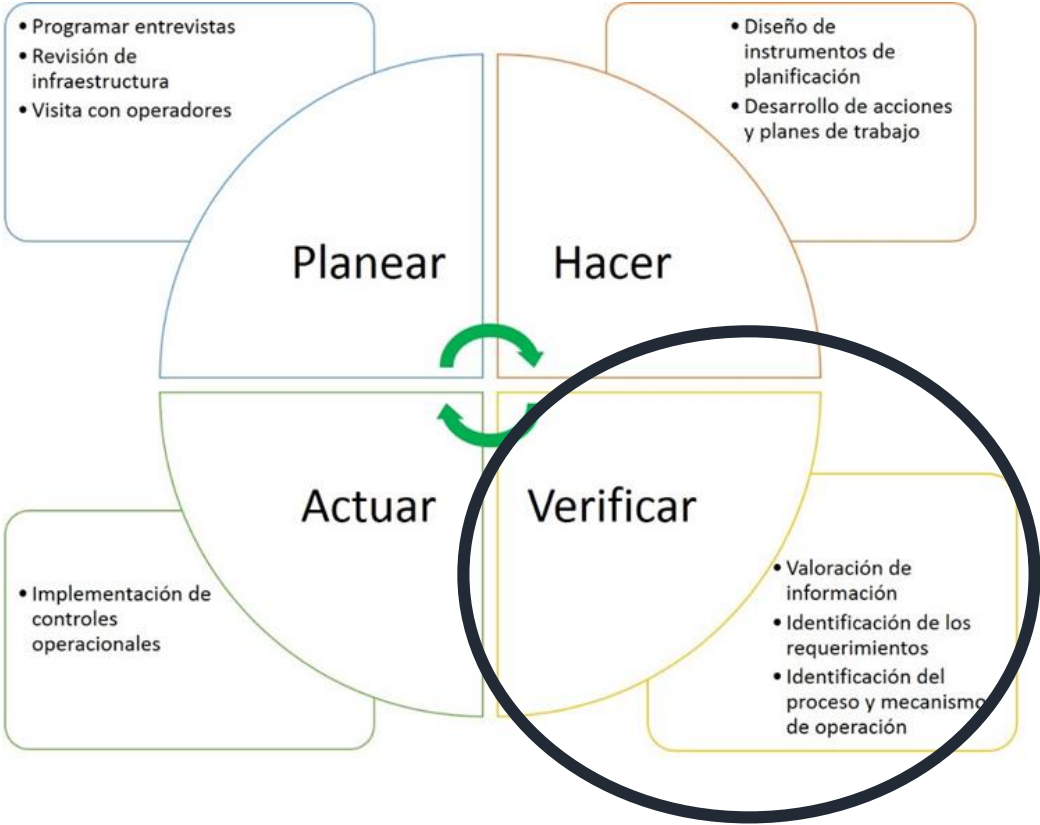


Fuente: Elaboración propia.

El organigrama de trabajo de la Planta de Tratamiento de Agua Residual se mantendrá disponible en la oficina general que se encuentra en el mismo sitio que la planta para tener acceso directo en caso de ser requerido.

Al llegar a este punto se contempla como cumplida la etapa de “Verificar” siguiendo el Ciclo de PHVA, donde se validó la información, identifico y dio seguimiento aplicando la legislación ambiental mexicana vigente (figura 4).

Figura 15. Ciclo PHVA, extracto “Verificar” para desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

9. Constantemente se realizan charlas y capacitaciones en torno al cuidado del medio ambiente y sostenibilidad con el objetivo de crear concientización a los trabajadores y dar recomendaciones que puedan ser aplicadas dentro y fuera de la planta, sin embargo mencionan que no las reciben de manera constante, al ingresar al sistema de capacitaciones de medio ambiente nos percatamos que no estaba terminado de llenar el sistema con sus datos, lo cual provocaba que no les llegará la invitación con el acceso a las pláticas, al actualizar el sistema tuvieron acceso normal a las capacitaciones.
10. En torno al seguimiento y actualización del estado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se sugiere el siguiente plan de trabajo con la finalidad de atender de manera oportuna los sucesos que puedan llegar a presentarse durante la operación de la planta.

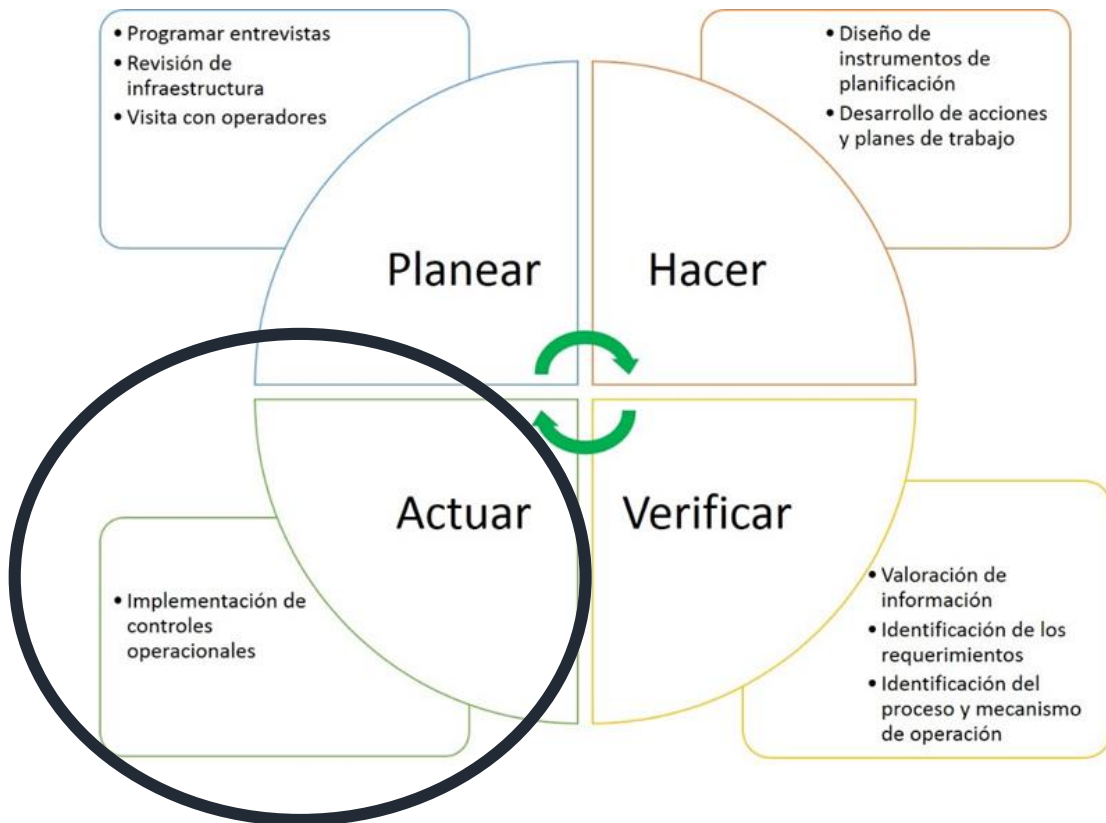
Tabla 14. Planeación de reuniones en torno a Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Planeación de reuniones en torno a Planta de Tratamiento de Agua Residual		
Periodicidad	Participantes	Objetivo
Viernes	Operadores Responsable de la Planta Coordinador Ambiental	Estado semanal de la Planta de Tratamiento y seguimiento a órdenes de trabajo.
Cada 15 días	Operadores Responsable de la Planta Coordinador Ambiental Gerente de Prensas	Estado de la Planta.
1 vez al mes	Coordinador Ambiental Gerente Prensas y Troqueles Gerente General	Estado de la Planta y futuros proyectos.

Fuente: Elaboración propia

Es importante darle seguimiento a los requerimientos que se soliciten de la planta de Tratamiento de Agua Residual ya que atender al momento los reportes que se tengan de la planta utilizando los medios de seguimiento de trabajo diario para prevenir que no se llegue al punto en el que existan paros técnicos o alguna situación extraordinaria en torno a la operación de la planta (figura 5).

Figura 16. Ciclo PHVA, extracto “Actuar” para desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

Con estas acciones se contempla lo estipulado en el apartado de “Actuar” siguiendo el Ciclo PHVA.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diagnóstico desarrollado durante esta investigación nos permitió conocer y reconocer el funcionamiento y la infraestructura requerida para una Planta de Tratamiento de Agua Residual a nivel industrial, el acercamiento a las áreas involucradas, así como también la apertura por parte del coordinador ambiental, responsable de planta y los operadores fueron claves para la realización de esta investigación proporcionando la información necesaria para desarrollar nuestra hipótesis en la cual dando seguimiento a lo estipulado en la norma ISO14001-2015 nos permite establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

1. En torno a la infraestructura se logró conocer todas las etapas del tren de tratamiento, partiendo de las necesidades y objetivos internos de la empresa se considera que cumple con los requerimientos para tratar el volumen de agua especificado.
2. Durante la revisión de los documentos se localizaron planes que no estaban vigentes sin embargo funcionaban para la planta puesto que se habían realizado con el objetivo de aplicar a su funcionamiento. Se actualizaron dichos archivos con la finalidad de incluir los equipos que se encuentran en funcionamiento. Se integró el diagrama actualizado al plan de trabajo y se recomienda que se actualice conforme se vayan agregando proyectos ya que los archivos se entregaron de forma digital para facilitar las actualizaciones futuras.
3. Al realizar “Checklist” de funcionamiento es importante incluir cuales son las actividades a realizar al igual que especificar el área en la que se realiza dicha actividad, al integrar las modificaciones que se plantearon se maneja de una manera más ordenada y grafica el control permitiendo así tener una idea diaria sobre cómo se encuentra la planta permitiendo así el disminuir los paros provocados por algún hallazgo bajo la teoría que al ser detectada alguna variante a tiempo permite reaccionar de manera mejor y aplicar los ajustes necesarios.
4. El integrar una ayuda visual a la adicción de bacteria permite que los operadores que se integran a los turnos tengan la oportunidad de tener siempre presente como es que

se lleva a cabo el proceso. Como seguimiento a la problemática de insumos se generó un apartado que permite marcar de manera constante el seguimiento a las órdenes de trabajo las cuales son el indicativo de que se solicitó algún material o producto.

5. Al detectarse que existían procedimientos en caso de contingencia nos dio apertura a crear de manera gráfica los planes de contingencia que sintetizan las acciones a realizar en caso de ser requerido, estas acciones son conocidas tanto como por los operadores como los directivos y coordinadores, es importante que cada parte involucrada en el tratamiento de agua residual conozca las acciones a realizar puesto que si llega a suceder el cambio de proveedor administrativo encargado de la operación de la planta se tendrá un respaldo sobre las acciones que funcionan para la estabilización de la planta y son accesibles a todos los involucrados no solo para la empresa encargada del funcionamiento.
6. La empresa cuenta con los trámites y permisos en regla.
7. El mantener de manera directa comunicación con los operadores permite que en caso de ser requerido se tenga un contacto sobre las acciones que se realizaron o pasaron por alto, tener el organigrama de los responsables de la planta permite que los operadores identifiquen las personas con las que deben de mantener el contacto referente al estado de la planta así como también en caso de no encontrarse disponible alguno saber con quién pueden mantener contacto.
8. El contar con un plan de trabajo que involucre todas las partes interesadas en una constante revisión a lo largo del mes dependiendo de los órganos internos y responsabilidades que se requieran permite prevenir y mantener el contacto directo para respuesta a situaciones asegurando con esto que no se presente rezago de actividades
9. El integrar el Ciclo PHVA a la investigación nos permitió generar de manera gráfica cuales son las acciones que se llevarían a cabo durante la investigación, siguiendo con lo estipulado en la norma, asegurando con esto que se cumplen los objetivos que

siendo un apoyo fundamental nos permitió integrar a todas las partes involucradas así como también todas las acciones necesarias para generar las ideas de mejora.

10. Se recomienda que de manera constante se revise y se lleve una relación entorno a las actualizaciones que se lleguen a generar dentro de la Planta para que las acciones generadas no queden de manera obsoleta, así como también se marcó en la investigación puede llegar a presentarse actualización de normas entonces el tener acceso a las ideas de mejora permite que se lleve a cabo de manera directa.

BIBLIOGRAFÍA

- BactiDomus BIOTECHNOLOGY. (20 de Julio de 2022). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* .
Obtenido de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales :
<https://bactidomus.com/es/what-we-do/municipal-sewage>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (16 de Mayo de 2008). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Ciudad de México , Distrito Federal, México.
- Carlos M. López, Germán B. Méndez, Héctor A. Garcia, Francisco J. Cervantes. (2008). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. Londres: IWA Publishing.
- Comisión Nacional del Agua . (2019). *Estadísticas del Agua en México* . México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Comisión Nacional del Agua . (23 de Julio de 2022). *Sistema Nacional de Información del Agua* .
Obtenido de Sistema Nacional de Información del Agua :
<http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?publicaciones=1>
- Comisión Nacional del Agua. (2005). *Síntesis de las estadísticas del Agua en México*. México: SEMARNAT.
- Comisión Nacional del Agua. (2017). *Normas Oficiales Mexicanas, NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997*. México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Comisión Nacional del Agua. (12 de Octubre de 2018). *Comisión Nacional del Agua (Conagua)*.
Obtenido de Comisión Nacional del Agua (Conagua):
<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/historia-de-la-comision-nacional-del-agua-conagua>
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Estadísticas del Agua en México*. México: SEMARNAT.
- CONAGUA. (28 de Julio de 2022). *AGUAS SUBTERRÁNEAS / Acuíferos*. Obtenido de AGUAS SUBTERRÁNEAS / Acuíferos:
<https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/puebla/puebla.html>
- CONAGUA. (28 de Julio de 2022). Mapa Hidrológico. Puebla , Puebla, México.
- CONAGUA. (28 de Julio de 2022). *NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-200 Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-200 Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales:
<http://siga.jalisco.gob.mx/Assets/documentos/normatividad/nom011cna2000.htm#:~:text=>

=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D011%2DCNA%2D2000&text=Conservaci%C3%B3n%20del%20recurso%20agua%2DQue,dice%3A%20Comisi%C3%B3n%20Nacional%20del%20Agua.

de-Bashan, L. E. (2003). Bionota: Bacterias promotoras de crecimiento de microalgas: una nueva aproximación en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Colombiana de Biotecnología. Revista Colombiana de Biotecnología* , 85-90.

Demergasso C., V. R. (2017). For Knowledge to Best Practices in Bioleaching. *Trans Tech Publications Ltd. Switzerland*, 285-289.

Duque-Sarango P., H. C. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios . *Clencia Unemi*, 88-96.

Durand, E. (21 de Octubre de 2022). *Biología Celular*. Puebla, Puebla, México.

Escalante, V. R. (2006). *OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua .

Freedman, D. (1992). *Intestinal nematodes, in Infectious*. Saunders, Philadelphia: Eds.

INEGI. (27 de Julio de 2022). *Puebla*. Obtenido de Puebla: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21#collapse-Resumen>

James, B. L. (12 de Septiembre de 2022). *Biological nutrients removal: Where we have been, where we are going?* Obtenido de Biological nutrients removal: Where we have been, where we are going?: https://www.researchgate.net/publication/233597670_Biological_NUTRIENT_removalWhere_we_have_been_where_we_are_going

Levin V., D. U. (1987). Phostrip Process - A viable answer to eutrophication of lajes and coastal sea water in italy. *Biological Phospate Removal from Wasterwaters*, 249-259.

López C., B. G. (2008). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño* . Londres : IWA Publishing.

López C., B. G. (2008). *Tratamiento de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. London: IWA Publishing .

López M., B. G. (2008). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. . Londres: IWA Publishing.

Salazar, M. Y. (2012). *Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Contribución a la gestión y desarrollo social*. Ciudad de México: Indasol.

Scott, J. O. (2014). Integration of Chemical and Biological Oxidation Processes for Water Treatment. Review and Recommendations. *Environmental Progress*, 88-110.

Secretaría Central de ISO . (15 de Septiembre de 2015). *Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso* . Ginebra , Suiza, Suiza.

Secretaría de Gobernación. (09 de Agosto de 2022). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996*. Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997#gsc.tab=0

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales . (23 de Abril de 2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996*. Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (11 de Marzo de 2022). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021*, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. México, México, México.

SEMARNAT . (2010). *Industria y Medio Ambiente* . Obtenido de Industria y Medio Ambiente : http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_R_INDUSTRIA01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

SEMARNAT. (04 de 07 de 2022). *Agua. Calidad*. Obtenido de Agua. Calidad.: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html

Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, m. y. (2008). *López C., Buitrón G., García H., Cervantes F.* Londres: IWA Publishing.

Universidad Nacional Autónoma de México Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental . (2018). *Manual para la Implementación de programas de Monitoreo Comunitario de la Calidad del Agua* . México : UNAM.

Varón C., L. J. (2019). *Criterios de implementación ISO 14001-2015 Caso Estudio Sector Tratamiento Aguas Residuales* . Colombia: Diplomado Gerencia del Sistema Integrado de Gestión en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad HSEQ.

World, The Logistic . (29 de Junio de 2022). *Impulsa sector automotriz PIB en Puebla* . Obtenido de Impulsa sector automotriz PIB en Puebla : <https://thelogisticsworld.com/historico/impulsa-sector-automotriz-pib-en-puebla/#:~:text=Hoy%20en%20d%C3%ADa%20en%20Puebla,pa%C3%ADs%20dedicadas%20a%20esta%20industria.>