


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA CARTONES DE
GUATEMALA, S.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MORALES,
IZABAL, GUATEMALA, 2022

LIS ELEIN SOLÍS GUARDADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA CARTONES DE
GUATEMALA, S.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MORALES,
IZABAL, GUATEMALA, 2022



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

LIS ELEIN SOLÍS GUARDADO

Al conferírsele el título de

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**RECTOR
M.A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
Representante de Profesores:	Mtro. Helmuth César Catalán Juárez
Representante de Profesores:	Mtro. José Emerio Guevara Auxume
Representante de Graduados:	Ing. Agr. Henry Estuardo Velásquez Guzmán
Representante de Estudiantes:	A.T. Zoila Lucrecia Argueta Ramos
Secretaria:	Licda. Yessica Azucena Oliva Monroy

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Mtro. Carlos Leonel Cerna Ramírez
Coordinador de Carrera:	Mtro. José Ramiro García Álvarez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	Mtro. Fredy Samuel Coronado López
Secretario:	Mtro. Victor Augusto Sandoval Roque
Vocal:	Mtro. José Ramiro García Álvarez

TERNA EVALUADORA

Ing. Vivian Cecibel Cerón Elías
Mtro. Fredy Samuel Coronado López
Mtro. Victor Augusto Sandoval Roque

Chiquimula, agosto 2023

Señores
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente -CUNORI-
Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA CARTONES DE GUATEMALA S.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL, GUATEMALA, 2022”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lis Elein Solís Guardado

Chiquimula, 01 de agosto de 2023

Licenciado Zootecnista
Merlin Wilfrido Osorio López
Director
CUNORI

Estimado Licenciado Osorio:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante **LIS ELEIN SOLÍS GUARDADO** en el trabajo de investigación denominado “**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA CARTONES DE GUATEMALA S.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL, GUATEMALA, 2022**”, tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle que se ha procedido a asesorar y orientar a la sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En nuestra opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomendamos la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciada

Atentamente,
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Civ. Edwin Adalberto Lemus Pazos
Asesor Principal
Carrera de Gestión Ambiental Local
– CUNORI –



Licda. Vilma Leticia Ramos López
Asesor Adjunto
Carrera de Gestión Ambiental Local
– CUNORI –

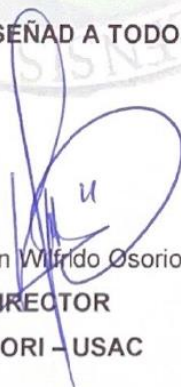
cc. Archivo
cc. Interesado

D-TG-IGAL-169/2023

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante LIS ELEIN SOLÍS GUARDADO titulado “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA CARTONES DE GUATEMALA, S.A., UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL, GUATEMALA, 2022”, trabajo que cuenta con el aval de sus Asesores, de la carrera de Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI, con base en las facultades que le otorgan las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria, **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintidós de agosto de dos mil veintitrés.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López

DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Le agradezco por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y brindarme la sabiduría para cumplir mis metas.

A MIS PADRES

Edwin Renán Solís Martínez y Norma Nohelia Guardado Florián por su amor, oraciones, consejos, esfuerzo y apoyo incondicional.

A MIS HERMANOS

Cesia Andrea y Edwin Josué por su amor, apoyo y cada momento que hemos vivido juntos.

A MIS TÍAS

Yulma Guardado e Irma Guardado por siempre estar presentes apoyándome.

A MIS ABUELAS

Blanca Margarita Florián (QEPD), gracias por su amor y consejos, siempre la llevaré en mi corazón e Irma Martínez, gracias por sus oraciones.

A MIS AMIGOS

Por su cariño y cada momento que hemos compartido.

A MI FAMILIA EN GENERAL

Gracias por los momentos compartidos en familia y estar presentes.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

**AL CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE -CUNORI-**

Por ser la casa de estudios para mi formación como profesional. Por todo lo aprendido en la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

A MIS CATEDRÁTICOS

Por sus enseñanzas y compartirme todos sus conocimientos y experiencia para mi formación como profesional.

A MIS ASESORES

Ing. Edwin Adalberto Lemus y Licda. Leticia Ramos, por su apoyo y asesoría. Mi más sincero agradecimiento hacia ustedes.

CARTONES DE GUATEMALA, S.A.

Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.

A TODOS LOS PRESENTES

Gracias por acompañarme en este día tan importante.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4. JUSTIFICACIÓN	6
5. OBJETIVOS	7
5.1 Objetivo general	7
5.2 Objetivos específicos	7
6. MARCO TEÓRICO	8
6.1 Aguas residuales	8
6.2 Aguas residuales de tipo especial	8
6.3 Entes generadores	8
6.4 Cuerpo receptor	8
6.5 Afluente	8
6.6 Efluente	8
6.7 Punto de descarga	9
6.8 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	9
6.8.1 Importancia del tratamiento	9
6.8.2 Función de una planta de tratamiento	10
6.8.3 Niveles de tratamiento	10
6.9 Noria	12
6.10 Caudal	12
6.11 Carga	12

6.12	Lodos	12
6.12.1	Estabilización de lodos	12
6.12.2	Caracterización de lodos	13
6.13	Instrumentos de evaluación ambiental	13
6.14	Muestra	13
6.14.1	Caracterización de una muestra	13
6.14.2	Tipos de muestra	13
6.15	Monitoreo	14
6.16	Caracterización del agua	14
6.17	Parámetro	14
6.18	Calidad del agua	16
6.19	Gestión ambiental	17
6.20	Gestión de la calidad del agua	17
6.21	Reúso	17
6.22	Caracterización de aguas para reúso	17
6.23	Acuerdo Gubernativo 236-2006	17
6.24	Límites máximos permisibles según Acuerdo Gubernativo 236-2006	19
7.	MARCO REFERENCIAL	8
7.1	Descripción del área de estudio	8
7.2	Ubicación del área de estudio	8
7.3	Extensión superficial	22
7.4	Clima	22
7.5	Hidrografía	22
7.6	Bosques	22
7.7	Flora y fauna	25

7.8	Trabajos de investigación relacionadas con el tema	25
8.	MARCO METODOLÓGICO	26
8.1	Sistema de tratamiento de aguas residuales de CARTOGUA, S.A.	26
8.1.1	Sistema de tratamiento para aguas especiales	26
8.1.2	Elementos de la PTAR de Cartones de Guatemala S.A.	26
8.2	Horario de descarga de aguas residuales	31
8.3	Determinación de los puntos de monitoreo	31
8.4	Protocolo de recolección de muestras	31
8.5	Control y vigilancia del muestreo, preservación y transporte	32
8.6	Equipo de muestreo	33
8.7	Preparación del equipo para muestreo	33
8.8	Determinación de parámetro a nivel de campo	33
8.9	Determinación de parámetros a nivel de laboratorio	34
8.10	Método de análisis para calidad del agua residual	35
8.11	Período de monitoreo	35
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
9.1	Establecimiento de los puntos de monitoreo	36
9.2	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados	36
9.2.1	Potencial de hidrógeno (pH)	39
9.2.2	Temperatura °C	40
9.2.3	Sólidos Suspendidos Totales	41
9.2.4	Material Flotante	42
9.2.5	Color Unidades Platino/Cobalto	43
9.2.6	Fósforo total	44
9.2.7	Nitrógeno total	46

9.2.8	Arsénico	47
9.2.9	Cianuro	48
9.2.10	Cobre	49
9.2.11	Cromo	50
9.2.12	Plomo	51
9.2.13	Zinc	52
9.2.14	Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	52
9.2.15	Demanda química de oxígeno (DQO)	54
9.2.16	Análisis microbiológico	55
9.3	Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento	55
9.4	Lineamientos de manejo para la eficiencia del sistema de tratamiento	58
10.	CONCLUSIONES	60
11.	RECOMENDACIONES	61
12.	REFERENCIAS	62
13.	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Contenido	Página
Tabla 1	Definición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos	15
Tabla 2	Límites máximos permisibles	19
Tabla 4	Ubicación de los puntos de muestreo	36
Tabla 5	Resultado por monitoreo	37
Tabla 6	Resultado por promedio	38
Tabla 7	Resultado de pH	39
Tabla 8	Resultado de temperatura	41
Tabla 9	Resultado de sólidos suspendidos totales	41
Tabla 10	Resultado de material flotante	43
Tabla 11	Resultado de color	43
Tabla 12	Resultado de fósforo total	45
Tabla 13	Resultado de nitrógeno total	46
Tabla 14	Resultado de arsénico	48
Tabla 15	Resultado de cianuro	48
Tabla 16	Resultado de cobre	50
Tabla 17	Resultado de cromo	50
Tabla 18	Resultado de plomo	51
Tabla 19	Resultado de zinc	52
Tabla 20	Resultado de demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	53
Tabla 21	Resultado de demanda química de oxígeno (DQO)	55
Tabla 22	Resultado de coliformes fecales, totales y escherichia coli	55
Tabla 23	Análisis comparativo del punto 2 con el límite máximo permisible	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1 Mapa de ubicación y delimitación de la empresa CARTOGUA, S.A.	21
Figura 2 Mapa de ríos de Morales, Izabal	23
Figura 3 Mapa de zonas de vida de Morales, Izabal	24
Figura 4 Pretratamiento avanzado tipo DAF	27
Figura 5 Diagrama de flujo	30
Figura 6 Resultado de pH	40
Figura 7 Resultado de spolidos suspendidos totales	42
Figura 8 Resultado de color	44
Figura 9 Resultado de fósforo total	45
Figura 10 Resultado de nitrógeno total	47
Figura 11 Resultado de cianuro	49
Figura 12 Resultado de cromo	51
Figura 13 Resultado de demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	54

RESUMEN

CARTONES DE GUATEMALA, S.A es una empresa certificada bajo la norma ISO 9001-2015, dedicada a la impresión y distribución de cartones y sus derivados, cuenta con dos plantas de producción, una se encuentra ubicada en el municipio de Morales, Izabal y la otra en Masagua, Escuintla.

El estudio se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales, determinando las características físicas, químicas y microbiológicas, teniendo como objetivo: Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales especiales con base en lo establecido en el Reglamento de Las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Para la fase de campo se realizó un total de 3 monitoreos en un período de 6 meses (junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2022); donde se establecieron 2 puntos de muestreo (1 muestra en la entrada y 1 muestra en la salida). donde se analizaron 18 parámetros, siendo estos; pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, material flotante, color, fósforo total, nitrógeno total, arsénico, cianuro, cobre, cromo, plomo, zinc, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes totales, eschericha coli y coliformes fecales, determinando parámetros a nivel de campo y laboratorio en instalaciones del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-.

A pesar de que existe un sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa, realizan análisis de agua cada 6 meses en ciudad capital de Guatemala, debido a que no cuentan con un laboratorio ambiental.

Por lo tanto, la empresa se ve en la necesidad de tener un seguimiento y control adecuado del sistema implementado, analizando de forma continua el agua residual antes y después de recibir tratamiento, con el fin de evaluar la eficiencia del sistema en períodos de alta producción y así poder verificar si el efluente tratado cumple con

los límites máximos permisibles de los parámetros establecidos en el Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

El punto de muestreo número 1 (entrada) presentó cinco parámetros que sobrepasan el límite permisible según la normativa vigente, siendo, sólidos suspendidos totales con un valor de 384 mg/l, tiene presencia de material flotante, el parámetro de color tuvo un resultado de 16400 unidades platino cobalto, nitrógeno total un valor de 582.67 mg/l y cromo con 0.23 mg/l. En el punto de muestreo 2 (salida) se obtuvo un resultado de sólidos suspendidos totales de 285 mg/l y nitrógeno total 195 mg/l, indicando que no se encuentra dentro de los valores requeridos.

La alta tasa de concentración de estos parámetros se debe a que el pretratamiento tipo DAF de la PTAR no realiza de manera adecuada la separación de sólidos flotantes y materiales no biodegradables, a causa de que no tienen personal capacitado para llevar un control de este y estar pendiente de cada proceso que conlleva el tratamiento de desinfección del agua. Por otra parte, tienen la mala práctica de no clorar el agua cuando transita en el dosificador de cloro, por lo que no tienen un horario para la aplicación de hipoclorito de sodio y lo emplean en cualquier momento, teniendo en cuenta que es necesario realizarlo en la etapa final de tratamiento para disminuir los niveles de contaminación del agua.

Para mejorar la eficiencia de la planta de tratamiento se proponen lineamientos de manejo para el proceso de desinfección, donde se plantean 2 estrategias: la primera, orientada al manejo óptimo del sistema de tratamiento y, la segunda, al aprovechamiento del agua tratada y lodos.

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son el conjunto de agua afectada por la actividad del hombre, estas se generan a partir de residuos líquidos, domésticos, urbanos, agrícolas, pluviales o industriales, las cuales pueden contener grasas, detergentes, materia orgánica, residuos industriales, sustancias tóxicas, entre otros contaminantes.

La falta del previo tratamiento de las aguas residuales puede causar impactos negativos en el medio ambiente y en el ser humano, por lo que se deben realizar acciones para gestionar el manejo adecuado de las mismas y así poder contribuir con la preservación, conservación y protección del equilibrio ecológico.

Todos los procesos industriales producen aguas residuales que retornan al medio ambiente; en la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., (CARTOGUA), debido a las diferentes actividades que realizan, el agua residual es considerada de tipo especial y su carga contiene esencialmente colorantes; cuenta con un sistema de tratamiento fisicoquímico para alcanzar los parámetros solicitados por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en su artículo 35 (TIPO I).

El presente estudio se realizó con el objeto de evaluar las características fisicoquímicas del agua en el proceso de depuración en el sistema de tratamiento de aguas residuales, con el propósito de generar información que permita a la empresa plantear alternativas para el manejo adecuado del recurso hídrico.

Con los resultados obtenidos durante la evaluación se estimó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales y la calidad del agua de entrada y salida, con base en lo requerido por el Reglamento de Las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

2. ANTECEDENTES

La polución que producen los vertidos de aguas residuales hace que el agua se llene de bacterias y elementos tóxicos altamente contaminantes, tanto para los suelos como para el consumo. Por ello, se hace necesario regenerarlas a través de estaciones depuradoras que evitan la contaminación del entorno y, además, permiten reutilizar esas aguas.

La contaminación producida por los vertidos incontrolados de las industrias a los cauces de agua es un problema que se está intentando regular y conlleva fuertes sanciones, debido a que desde los orígenes de la Revolución Industrial ha habido vertidos a ríos y mares que han provocado estragos. Estos problemas ambientales que causan el manejo inadecuado de las aguas residuales en diferentes actividades industriales conllevan a gestionar soluciones sostenibles al medio ambiente.

Las organizaciones y empresas deben estar entonces, orientadas a la implementación de sistemas y planes integrados de gestión ambiental, los cuales identifiquen, evalúen y mitiguen los impactos ambientales generados en sus procesos productivos y se ajusten a las regulaciones establecidas en una legislación que se vuelve cada vez más estricta (Gutiérrez Flórez, 2010).

La empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., fundada en 1,992 por el Sr. Fernando Magdalena Salgado, es una empresa certificada bajo la norma ISO 9001-2015, dedicada a la impresión y distribución de cartones y sus derivados. Cuenta con dos plantas de producción, una se encuentra ubicada en Morales, Izabal y la otra en Masagua, Escuintla (Solís, 2021).

Las plantas de producción cuentan con varios metros cuadrados techados, los cuales corresponden a bodegas de papel, producto terminado, repuestos y suministros y las áreas de los procesos de corrugación, impresión y acabados; asimismo cuenta con un laboratorio completo para análisis de calidad, un departamento completo de preprensa

y taller de troqueles además cuenta con los departamentos de planificación, logística, informática, costeo, seguridad y salud ocupacional (Solís, 2021).

Debido a las diferentes actividades que se realizan en la empresa, el sistema de tratamiento diseñado para depurar este tipo de aguas, consta de las siguientes etapas: Caja de registro y toma de muestra de entrada, Pretratamiento: Recamara de Separación de Sólidos y Flotantes, Tanque de Igualación (Homogenización y Ecuilización), Pretratamiento Avanzado tipo DAF, Tanque de Agua Clarificada, Filtros de Sedimentos, Filtros de Carbón Activado, Dispositivo Dosificador de Cloro, Tanque de almacenamiento de lodos, Espesador de Lodos, Filtros Bolsa y Caja de registro y toma de muestra de salida (Santos, 2019).

En el año 2019, la empresa realizó un estudio técnico de agua residual para aguas de tipo especial y doméstico de acuerdo con lo requerido por el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua desempeña un papel importante en la vida cotidiana del ser humano, desde actividades domésticas hasta industriales de un país. La industria cartonera emplea volúmenes importantes de agua para el desarrollo de su proceso productivo, lo que da lugar a una serie de impactos ambientales negativos que se manifiestan como desarrollo de dicha actividad, como el vertimiento de aguas residuales.

Las aguas industriales provienen de actividades de producción y transportan contaminantes y sustancias químicas. Este tipo de aguas causa problemas de contaminación y puede ser el detonante de enfermedades entre las personas que viven cerca del área.

Este sector industrial, se caracteriza por el consumo excesivo de agua, energía y materias primas, así como, por los impactos ambientales que se generan en su proceso de transformación (Gutiérrez Flórez, 2010).

La empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., para las actividades de manufactura realiza la captación de agua desde la quebrada que pasa en los límites del terreno en la colindancia Este, esta es almacenada en una noria la cual a través de sistema de bombeo realiza el suministro hacia calderas, considerando un consumo anual de 21,950 metros cúbicos (Santos, 2019).

El agua residual generada en el proceso tiene como fuentes de generación la línea de corrugador, área de maquinaria de corte e impresión y área de lavado de clises, el caudal generado es conducido por medio de red de alcantarillado separativa hacia el sistema de tratamiento tipo fisicoquímico, para su adecuado tratamiento, con el fin de preservar y conservar el medio ambiente y propiciar la disponibilidad del recurso hídrico.

Sin embargo, a pesar de que existe un sistema de tratamiento de aguas residuales, realizan análisis de agua cada 6 meses en ciudad capital de Guatemala, debido a que no cuentan con un laboratorio ambiental en la empresa.

Por lo tanto, la empresa se ve en la necesidad de tener un seguimiento y control adecuado del sistema implementado, analizando de forma continua el agua residual antes y después de recibir tratamiento, con el fin de evaluar la eficiencia del sistema en períodos de alta producción y así poder verificar si el efluente tratado cumple con los límites máximos permisibles de los parámetros establecidos en el Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

4. JUSTIFICACIÓN

Los análisis de aguas residuales en plantas de tratamiento son de monitoreo frecuente, porque se debe reducir la contaminación que va a ser descargada a los cuerpos de agua y evitar demandas por incumplimiento en la legislación ambiental.

En los sistemas de tratamiento se manejan efluentes con características fisicoquímicas y microbiológicas nocivas para la salud, por lo tanto, el saneamiento es fundamental para proteger la salud pública y el medio ambiente, debido a que el agua se descarga en un río, por lo que es necesario cumplir con los requerimientos del Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006, para mitigar los impactos negativos provenientes de los procesos que se realizan en la empresa y permitir promover la conservación del recurso hídrico.

La evaluación de aguas residuales permitirá a la empresa, a partir de los compromisos, objetivos y acciones que adopte, reducir los impactos y minimizar los riesgos sobre el medio ambiente y la zona de influencia directa de la empresa.

Por lo cual se buscó establecer el estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., para determinar si cumple con la legislación ambiental, debido a que un inadecuado control repercute en la salud y la calidad de vida de los habitantes. Asimismo, permitirá evaluar si el sistema de tratamiento utilizado es eficiente, lo cual es de vital importancia para conocer la calidad del agua en el proceso de entrada y salida.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales especiales de la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., ubicada en Morales, Izabal, con base en lo establecido en el Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

5.2 Objetivos específicos

- Analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTOGUA, a través de monitoreos.
- Determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales con base en un análisis comparativo de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la normativa ambiental vigente.
- Proponer lineamientos para mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Aguas residuales

Una definición de este concepto es: “Las aguas que han recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006, p. 2).

6.2 Aguas residuales de tipo especial

“Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de estas” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006)

6.3 Entes generadores

“Persona individual o jurídica, pública o privada, responsables de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.4 Cuerpo receptor

“Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.5 Afluente

“Agua residual u otro líquido que ingresa a un reservorio, o algún proceso de tratamiento” (Pérez Solares, 2012).

6.6 Efluente

“Es la descarga de una planta de tratamiento (de aguas residuales o potabilizadora) o sistema de alcantarillado hacia la red pública o cuerpo receptor” (Pérez Solares, 2012).

6.7 Punto de descarga

Una definición de este concepto lo da el Acuerdo gubernativo no. 236-2006 “El sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales” (p. 5).

6.8 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

También conocido como proceso de depuración, es un sistema utilizado para remover contaminantes del agua. Eventualmente el agua usada se descontamina a través de medios naturales, pero eso requiere mucho tiempo; en una planta de tratamiento se acelera este proceso, así podemos reutilizar el agua en actividades diversas como la agricultura, la industria y la recreación (InterApas, s.f.).

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tanto Industrial (PTARI) como Doméstica (PTARD) es un requisito importante para conservación de vida en el planeta y el cuidado del agua.

Con el tiempo, se han mejorado los métodos y aplicaciones para el tratamiento de aguas residuales, muchas de estas tecnologías para el tratamiento de aguas permiten una recuperación de recursos y se dan un valor importante al residuo que se genera (Spena Group, 2016).

6.8.1 Importancia del tratamiento

El objetivo e importancia de las plantas de tratamiento de aguas residuales consiste en la desinfección de las aguas contaminadas para preservar el medio ambiente y propiciar una mayor disponibilidad de este recurso, para lo cual se cuenta con normativas vigentes como el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo gubernativo no 236-2006.

6.8.2 Función de una planta de tratamiento

El proceso de defensa o saneamiento inicia desde el momento en que el agua potable es utilizada y arrojada al drenaje, así la red de drenaje capta y transporta las aguas negras o residuales. Una PTAR realiza la limpieza del agua usada y las aguas residuales para que pueda ser devuelta de forma segura a nuestro medio ambiente. (Spena Group, 2016)

- Eliminar sólidos, desde plásticos hasta arena y partículas más pequeñas que se encuentran en las aguas residuales.
- Reducir la materia orgánica y los contaminantes, bacterias útiles y otros microorganismos naturales que consumen materia orgánica en las aguas residuales y que luego se separan del agua.
- Restaurar el oxígeno, el proceso de tratamiento asegura que el agua puesta de nuevo en nuestros ríos o lagos tiene suficiente oxígeno para soportar la vida.

6.8.3 Niveles de tratamiento

El tratamiento de aguas residuales se realiza básicamente en tres etapas:

a. Tratamiento preliminar y primario

Consiste en la eliminación de sólidos gruesos, resultando en una reducción de la carga contaminante en las aguas residuales. Elimina el 40-60% de los sólidos.

Puede ser físico o fisicoquímico; la primera etapa es la descontaminación, en esta fase se remueven sólidos presentes en las aguas residuales a través de rejillas y desarenadores (partículas pesadas como grava, arena y semillas), se realiza en tanques de sedimentación para remover parte de los contaminantes y retirarlos como lodo en el fondo de los tanques. Este lodo después de ser procesado puede ser usado como abono. (Spena Group, 2016)

b. Tratamiento secundario

Es esencialmente biológico, requerido para aquellos que descargan residuos al medio ambiente, como ríos u otro cuerpo de agua natural. Este tipo de tratamiento hace uso de bacterias para remover materia biodegradable disuelta en el agua residual, las bacterias benéficas se emplean intencionalmente para consumir otra parte de contaminantes que no fueron removidos en el tratamiento primario. La aireación, es decir, la incorporación de oxígeno o aire al agua contribuye al bacteriano. Elimina aproximadamente el 90% de los contaminantes y completa el proceso para la parte líquida de las aguas residuales separadas. (Spena Group, 2016)

c. Tratamiento avanzado

Después de los tratamientos anteriores, se ha logrado eliminar un 85% de los contaminantes de las aguas residuales y queda por eliminar los nutrientes que favorecen el crecimiento de la flora acuática (algas y lirios), como son el fosforo y el amoniaco que proviene del escurrimiento agrícola, de desechos humanos y del uso de detergentes. Este tratamiento consiste en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas contaminantes. (Spena Group, 2016)

Al respecto InterApas (s.f) indica que estos son eliminados por medio de:

- **Filtración:** A través de materiales granulares de diversos tipos y tamaños, tales como arena fina y carbón.
- **Desinfección:** Es la etapa final en la que se utilizan productos químicos como el cloro. La luz solar desinfecta el agua de forma natural por lo que se pueden usar luces especiales que emiten rayos ultravioletas.

Al completar estos cuatro tratamientos el agua está lista para su reuso en diversas actividades o para regresar a la naturaleza sin causar daños ecológicos.

6.9 Noria

Al respecto Tema Astra para WordPress indica:

Se trata de estructuras circulares de gran tamaño parcialmente sumergidas en un curso de agua (un río, un arroyo o una acequia) provistas de unas aletas o palas colocadas transversalmente, de manera que el empuje del agua sobre las palas hace que la rueda se mueva sin parar. De esta manera la fuerza motriz del agua se transmite a través de engranajes para que la piedra de un molino o los mazos de un batán hagan su trabajo. Estas estructuras reciben también el nombre de rueda hidráulica.

6.10 Caudal

Se conoce como caudal, a la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. Generalmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica. (Pérez Solares, 2012)

6.11 Carga

“El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.12 Lodos

“Los sólidos con un contenido variable de humedad proveniente del tratamiento de aguas residuales” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.12.1 Estabilización de lodos

“El proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para condicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.12.2 Caracterización de lodos

Para la disposición final de lodos, se realiza análisis para metales pesados, de acuerdo con los resultados se presenta el análisis en referencia al artículo 42, Acuerdo Gubernativo no. 236-2006 para aplicación al suelo.

6.13 Instrumentos de evaluación ambiental

Son documentos técnicos definidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo No. 23-2003 y sus reformas, contenidos en los Acuerdos Gubernativos No. 424-2003 y 704-2003; los cuales permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde la fase de construcción hasta la fase de abandono. (Acuerdo gubernativo no. 236-2006)

6.14 Muestra

“La parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.14.1 Caracterización de una muestra

“La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.14.2 Tipos de muestra

a. Muestra simple

“La muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos en el momento de la toma” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

b. Muestra compuesta

“Dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.15 Monitoreo

Es el proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reúso y lodos. (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

6.16 Caracterización del agua

La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

6.17 Parámetro

“Variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos asignándole un valor numérico” (Acuerdo gubernativo no. 236-2006).

Tabla 1*Definición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos*

Parámetro	Definición
Temperatura	La temperatura del agua residual es, por lo general, mayor que la temperatura del agua para abastecimiento, como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, generalmente la temperatura es expresada en grados Celsius (°C).
pH	El pH es una medida que indica la acidez del agua. En el tratamiento de aguas residuales, es necesario controlar los niveles de pH a fin de garantizar unas condiciones óptimas para conseguir las reacciones químicas o microbianas oportunas y que el proceso funcione de manera eficiente.
Materia flotante	Son sólidos de una muestra que quedan retenidos en una malla de abertura específica. La materia flotante procedente de descargas es inmediatamente desagradable a la vista e indica contaminación de las aguas.
Sólidos Suspendidos Totales	Material que permanece en suspensión en el agua residual y se determina como la cantidad de material retenido después de realizada la filtración de una muestra.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) a los 5 días a 20 grados Celsius	La DBO es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius. Este parámetro se expresa en mg/L.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	La prueba de la DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente por un agente oxidante fuerte, en un medio ácido.
Nitrógeno total	El nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben el nombre de nutrientes o bioestimulantes. Debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesitan conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos.

Fósforo total	El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas en forma de fosfatos. Éstos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos organofosfatados.
Arsénico	El arsénico está presente en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica.
Cobre	Pertenece al grupo de metales pesados, se encuentra en los efluentes industriales y se considera potencial devastador de los ecosistemas y la salud humana, es por ello la necesidad de disminuir su concentración.
Cromo hexavalente	Es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales. Su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra.
Plomo	Metal pesado tóxico que puede dar lugar a contaminación ambiental y problemas de salud pública.
Zinc	Es un tipo de metal pesado que puede estar presente en aguas residuales de plantas industriales, si no se depura satisfactoriamente puede contaminar los ríos.
Color	El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color se expresa en unidades en la escala de platino – cobalto. En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual.
Coliformes fecales	Es un parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales. La presencia de bacterias coliformes es un indicio que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

Nota: Elaboración propia, basado en Liquidano Illescas, 2008.

6.18 Calidad del agua

Establece un conjunto de condiciones entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la conservación del recurso hídrico. La determinación de los parámetros de calidad de agua debe realizarse con base en las características físicas, químicas y biológicas del agua, dependiendo del uso que se le va a dar.

6.19 Gestión ambiental

Es el conjunto de diligencias dedicadas al manejo y administración del sistema ambiental en base al desarrollo sostenible. La gestión ambiental es la estrategia a través de la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al ambiente, con el objetivo de lograr una adecuada calidad de vida. (Pérez Solares, 2012)

6.20 Gestión de la calidad del agua

Permite formular los Estándares de Calidad Ambiental para agua y Límites Máximos Permisibles para efluentes de las diferentes actividades industriales, como resultado de un trabajo en conjunto con los sectores. Estos instrumentos normativos ayudan al cuidado y conservación de los recursos hídricos, así como la protección de la salud de las personas.

6.21 Reúso

El reúso del agua residual es una solución al problema de la escasez de agua puesto que se liberan recursos de agua para otros usos, o para su conservación. Además, los productos secundarios del tratamiento de las aguas residuales pueden convertirse en valiosos para la agricultura y la generación de energía, haciendo que las plantas de tratamiento de aguas residuales sean más sostenibles ambiental y financieramente.

6.22 Caracterización de aguas para reúso

Un porcentaje de afluente del sistema de tratamiento para agua especial, alrededor del 60% este caudal será dirigido hacia sistema de captación identificado como noria, para su uso en calderas, considerando que el caudal a utilizar pasa a través de un sistema de filtración, con el objetivo que el agua que ingrese al sistema de calderas no pueda afectar su desempeño.

6.23 Acuerdo Gubernativo 236-2006

Según Berger Perdomo et al. (2006), el objeto del presente Reglamento es establecer

los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- a. Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b. Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- c. Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto de tal Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

- **Aplicación**

El presente Reglamento debe aplicarse a:

- a. Los entes generadores de aguas residuales
- b. Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público
- c. Las personas que produzcan aguas residuales para reúso
- d. Las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales
- e. Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos

- **Prohibiciones y sanciones**

Según el artículo 58 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.

6.24 Límites máximos permisibles según Acuerdo Gubernativo 236-2006

Los límites máximos permisibles de los parámetros para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores son la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Tabla 2

Límites máximos permisibles

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^6$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Nota: Tomado de Estudio técnico de agua residual "CARTOGUASA.", por Santos, J. 2019., p. 7.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1 Descripción del área de estudio

CARTONES DE GUATEMALA, S.A., es una empresa dedicada a realizar diversas actividades como adquisición de materia prima, manufactura de cartón corrugado, fabricación y comercialización de cajas de cartón corrugado y logística de entrega de productos a clientes, teniendo como objetivo cumplir con las necesidades y expectativas de las partes interesadas, teniendo en el mercado una gama de productos como cajas regulares, cajas tipo estándar, troqueladas, cajas tipo charola, entre otros. (Santos, 2019)

7.2 Ubicación del área de estudio

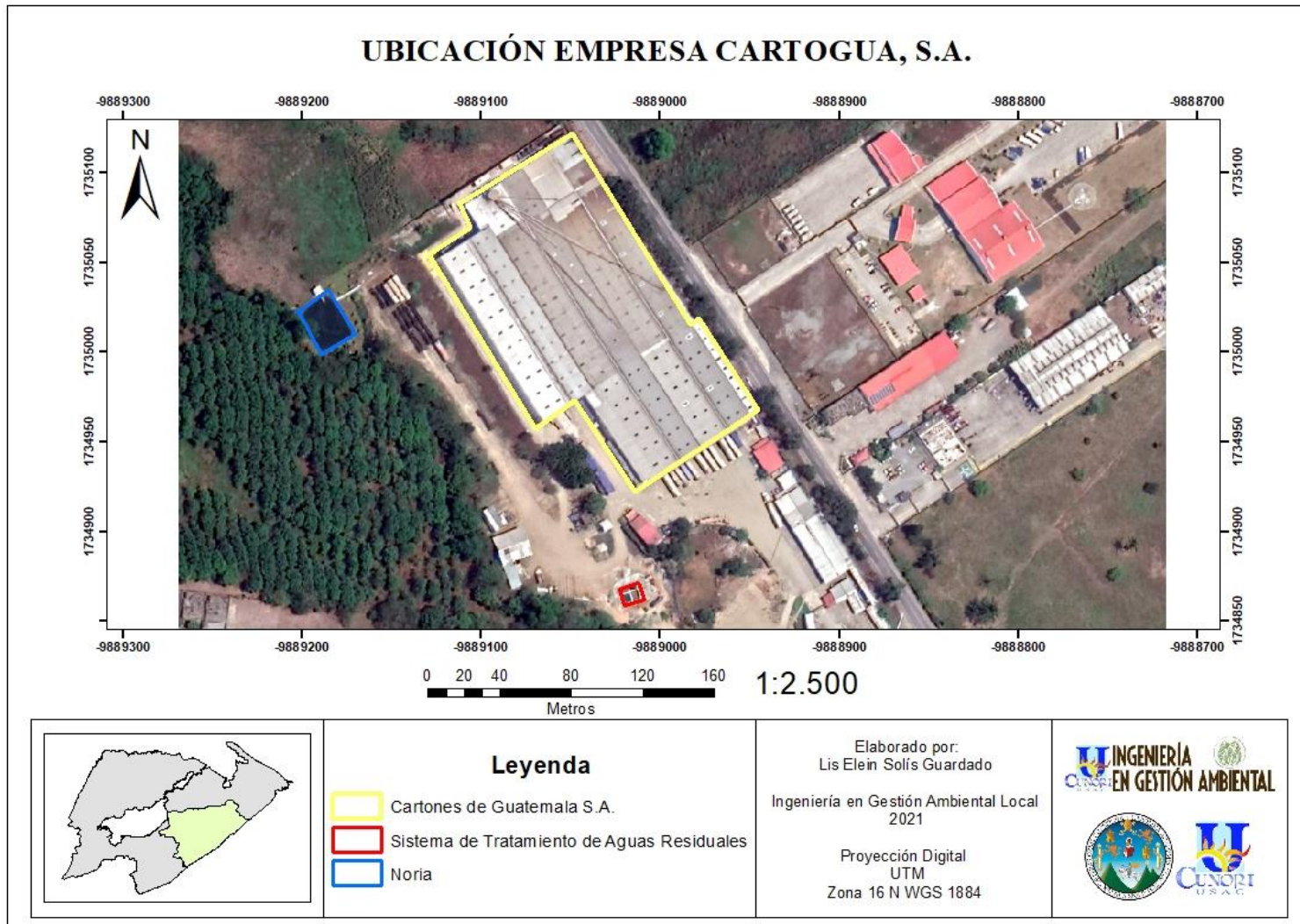
“La empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., se encuentra ubicada en el kilómetro 243.5 carretera al Atlántico, aldea Las Pozas, municipio de Morales, departamento de Izabal, en un terreno con área de 30,841.55 m², con un total de 300 empleados” (Santos, 2019).

El municipio de Morales se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 15°28'27.5" latitud y 88°49'40.7" longitud oeste a una distancia de 248 km de la ciudad capital y de la cabecera departamental a 62 km, llegando por vía terrestre ruta CA-9. Cuenta con una extensión territorial de 1,296.00 km² que lo ubica en el cuarto lugar en tamaño entre los 5 municipios del departamento de Izabal.

Morales colinda al norte con los municipios de Livingston y Puerto Barrios, al sur con Los Amates y la República de Honduras, al Este con Puerto Barrios y la República de Honduras y al Oeste con el municipio de Los Amates. El municipio de Morales está dividido en 259 comunidades de las cuales 186 (72%) están organizadas en COCODES. Se divide en 17 sectores o microrregiones. (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2010)

Figura 1

Mapa de ubicación y delimitación de la empresa CARTOGUA, S.A.



7.3 Extensión superficial

Área del terreno (CARTONES DE GUATEMALA, S.A.): 30,841.55 m²

Área del proyecto (Sistema de tratamiento de aguas residuales): 50 m²

7.4 Clima

La temperatura media anual en Izabal es 29°C y la precipitación media anual es 1267 mm y la humedad media es del 83%. La zona boscosa ocupa la mayor cantidad de área seguida por el espacio que se ocupa para la agricultura: fincas bananeras, huleras, palma africana y el que se ocupa en agricultura de subsistencia. (Rodríguez, 2016)

7.5 Hidrografía

Los cuerpos de agua (ríos, lagos y quebradas) ocupan un 1.26% seguido de los centros poblados que ocupan un .22% y con el menor espacio ocupado se encuentran las playas. Morales es el municipio que tiene menor espacio de ocupación del lago de Izabal. (Rodríguez, 2016)

Morales cuenta con una gran cantidad de afluentes que irrigan su territorio, entre estos podemos contar: 26 ríos, 50 quebradas, 10 lagunas, sin embargo, son las mismas comunidades que dañan estos cuerpos de agua, debido a que se han localizado en las cercanías de estos, contaminantes como; basurero municipal, aguas residuales de los centros urbanos, uso de agroquímicos, avance de la frontera agropecuaria, actividad agrícola y ganadera y actividad industrial. (Rodríguez, 2016).

7.6 Bosques

El municipio de Morales, Izabal cuenta con un sistema orográfico compuesto por la sierra de la Minas (Montaña Chiclera), del Espíritu Santo y del Caral; así como de los cerros Aguacate, Animas Negras, Bonillistas, Caral, Juyamá, Las Crucitas, Merendoncito, Negro Norte, Petatillal, Pozo de Agua y Zapote. (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2010)

Figura 2

Mapa de ríos de Morales, Izabal

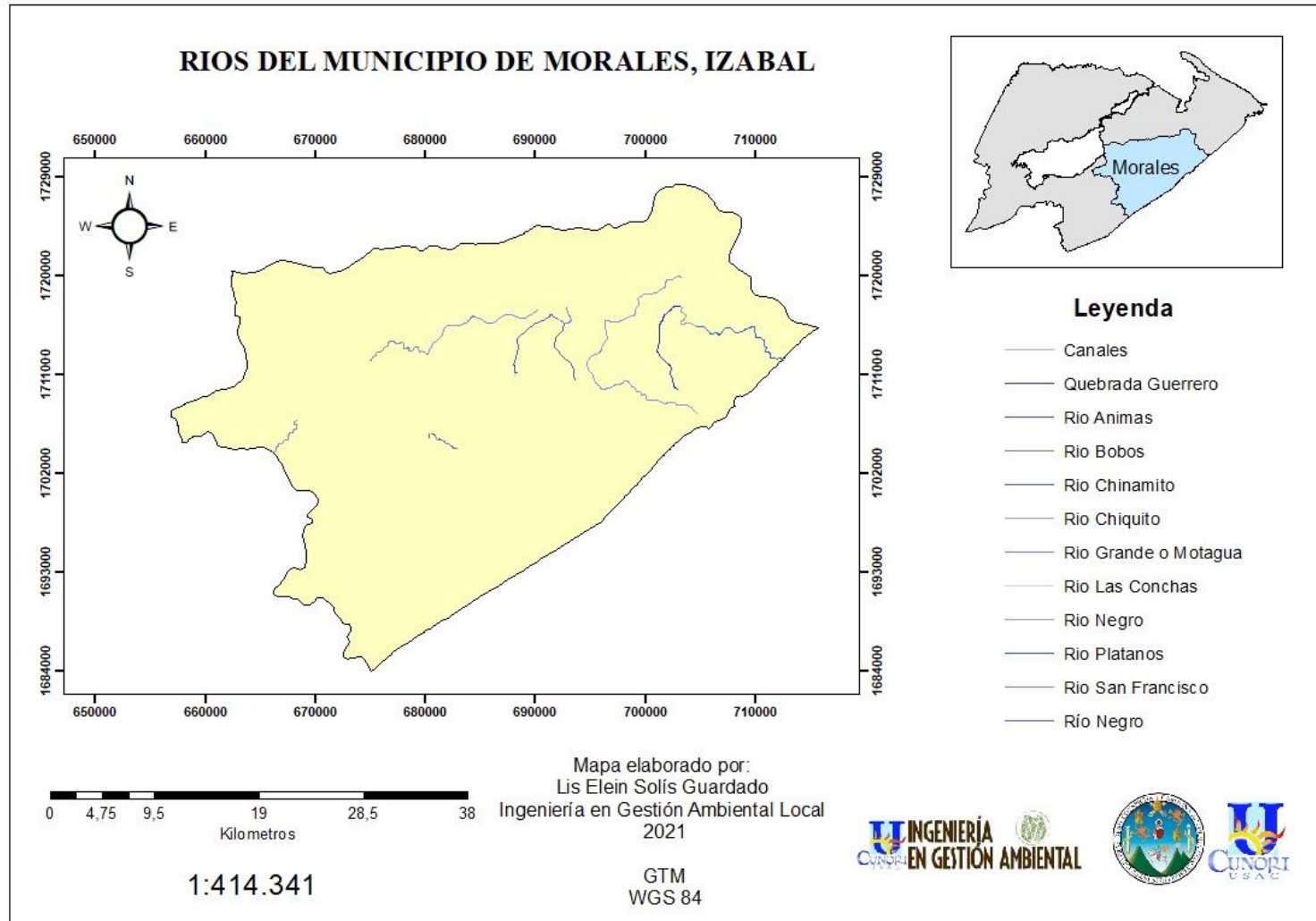
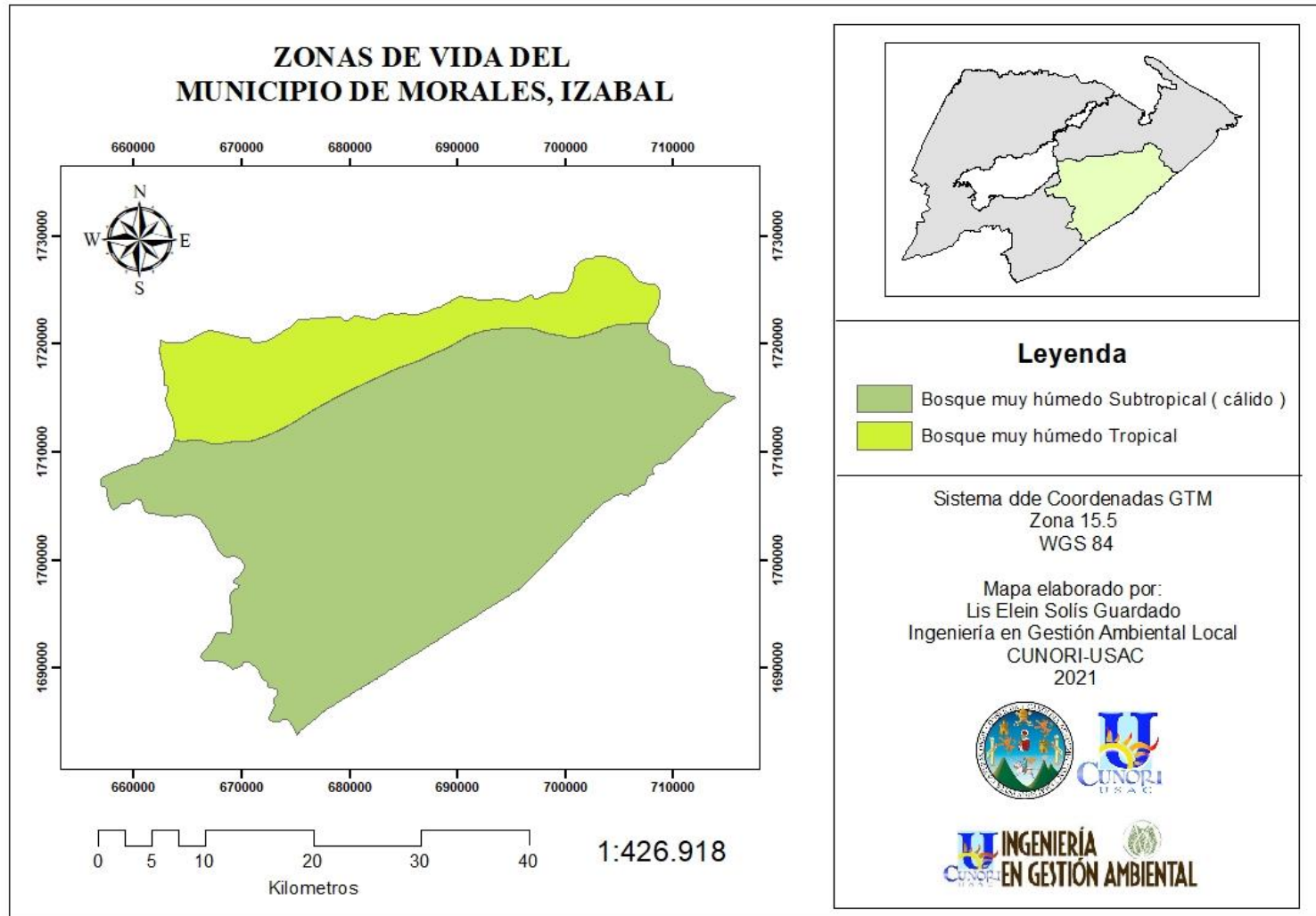


Figura 3

Mapa de zonas de vida de Morales, Izabal



7.7 Flora y fauna

En lo que respecta a la diversidad de flora y fauna en el municipio, este posee una riqueza natural amplia y endémica, la cual se puede clasificar de la siguiente manera:

- Flora: guamil, bambú, helechos, sauce, banano, almendro, madre cacao, coco.
- Maderas: caoba, cedro, pino, santa maría, matilisguate, entre otros.
- Fauna: especies silvestres; conejos, tepezcuintes, armadillos, venado, codorniz, iguanas, tortugas, monos, etc. (Rodríguez, 2016)

7.8 Trabajos de investigación relacionadas con el tema

a. Diseño de Sistema de Tratamiento Agua Residual Ordinaria

Paola del Cid Colindres, Ingeniera Sanitarista, realizó un manual donde se describe detalladamente cada elemento que conforma un sistema de tratamiento, el personal y equipo que se requiere para realizar cada actividad de operación y mantenimiento.

b. Estudio técnico de agua residual “CARTOGUASA”.

En julio de 2019, la Inga. Jessica Santos, Consultora Ambiental DIGAR-MARN, elaboró un estudio técnico de agua residual, en este caso, para aguas de tipo doméstico y de tipo especial con base en lo requerido por el Reglamento de Las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Dentro del estudio técnico realizado, concluyó que se recomienda implementar bitácora de revisión de unidades que conforman el sistema de tratamiento fisicoquímico, con el objetivo de monitorear los periodos de reemplazo y mantenimiento sugeridos para paneles de control, DAF y sacos de filtración. También se recomendó la sustitución de sustancias fijadoras de colores en flexográficas, reduciendo el ingreso de compuestos de hidrogeno al sistema de tratamiento.

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 Sistema de tratamiento de aguas residuales de CARTOGUA, S.A.

8.1.1 Sistema de tratamiento para aguas especiales

Derivado de las actividades que la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., realiza en limpieza de maquinaria y limpieza de rejillas por el cambio de tintas para manufactura de cajas con impresión, se genera agua residual de tipo especial en las siguientes áreas: línea de corrugador, área de maquinaria de corte e impresión y área de lavado de clises, esta es conducida por medio de red de alcantarillado separativa hacia el sistema de tratamiento de tipo físico-químico, para su adecuado tratamiento en cumplimiento con el Acuerdo Gubernativo 236-2006. (Santos, 2019)

8.1.2 Elementos de la PTAR de Cartones de Guatemala S.A.

- **Caja de registro de entrada**

“Tiene como objetivo observar la calidad del afluente y poder colocar un dispositivo de toma de muestras previo al tratamiento” (Santos, 2019).

- **Pretratamiento**

“Su principal función es la separación de sólidos flotantes, grasas, aceites, arenas y materiales no biodegradables de gran tamaño” (Santos, 2019).

- **Recámara de separación de sólidos y flotantes**

Consiste en un cajón de concreto con accesorios en los cuales se separan las grasas, aceites y las arenas del agua cruda. La grasa, por tener una densidad menor al del agua flota en la superficie; y las arenas, por ser más densa que el agua, se acumula en el fondo de la trampa. (Santos, 2019)

- **Tanque de igualación (homogenización y ecualización)**

Su principal función es generar un efecto de amortiguamiento en las variaciones de caudal y tender hacia la homogenización de cargas contaminantes en el efluente que se dirige hacia los sistemas de depuración posteriores. Asimismo, este sistema cuenta con un sistema de bombas de elevación, que divide y regula el caudal de entrada hacia la PTA-DAF. (Santos, 2019)

- **Pretratamiento avanzado tipo DAF**

“Es un proceso fisicoquímico avanzado por flotación, el cual tiene como propósito la separación de partículas líquidas o sólidas; mediante la inyección de aire disuelto. Este sistema consta de los siguientes elementos” (Santos, 2019).

Figura 4

Pretratamiento avanzado tipo DAF



Nota: Tomado de Diseño sistema de tratamiento de aguas residuales industriales “CARTOGUA, S.A.”, por ECO-TEC, s.f., p. 4.

- **Reactor de Mezcla Rápida (Coagulador)**

“Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales, que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado” (Santos, 2019).

- **Reactor de Mezcla Lenta (Floculador)**

“Es el proceso que complementa la coagulación, donde mediante la adición de polímeros floculantes se aglutinan las partículas aglomeradas durante el proceso de coagulación, mejorando de esta forma su posterior separación” (Santos, 2019).

- **Espesador**

Después del proceso de coagulación-floculación, se disuelve aire desde el fondo del espesador, lo cual produce que todos los sólidos aglutinados se suspendan en la superficie. Después que los lodos son trasladados a la superficie, se activa un proceso de desnatado, por medio de una raqueta mecánica. Esta lleva los lodos suspendidos hacia un depósito de lodos. (Santos, 2019)

- **Tanque de agua clarificada**

Su función es almacenar el agua clarificada proveniente del proceso fisicoquímico DAF. En él se analizará la calidad y eficiencia del proceso anterior y se determinará si es necesario un proceso de filtración subsiguiente para cumplir con los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006. (Santos, 2019)

- **Filtración**

“Este sistema tiene como objetivo pulir el agua proveniente del tanque de agua clarificada. El objetivo de la filtración es retener los sólidos en suspensión que transporta el agua” (Santos,2019).

- **Filtro de sedimentos**

El agua proveniente del agua clarificada puede contener aún cierta cantidad de sólidos suspendidos, por lo cual es necesario remover los mismos mediante un sistema de filtración rápida. Un filtro de sedimentos actúa como pantalla para remover estas partículas presentes en el agua. (Santos, 2019)

- **Filtro de carbón activado**

“Su principal función es separar productos orgánicos que generen color al agua proveniente del tanque de agua clarificada” (Santos, 2019).

- **Dispositivo de dosificador de cloro**

Es un dispositivo que utiliza una solución de Hipoclorito de Sodio. El cual se disuelve en el agua tratada posterior a terminar sus etapas de tratamiento, cumpliendo con una acción germicida. El cloro reduce el contenido microbiológico del efluente, con el objetivo es que la descarga cumpla con la norma de tener conteos de coliformes menores a 1×10^4 (NMP). (Santos, 2019)

- **Tanque de almacenamiento de lodos**

El proceso de tratamiento genera un excedente de lodos el cual es necesario purgar, para poder llevarlo a cabo adecuadamente se ha incorporado un tanque de almacenamiento de lodos, en el cual se retienen los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales, en donde se inicia un proceso de deshidratación. (Santos, 2019)

- **Espesador de lodos**

El lodo de purga del sistema se encuentra en concentraciones de 1 a 2% por lo que es necesario llevar estos lodos a una concentración mayor previa al ingreso de los filtros bolsa. Es decir, entre 2 a 5%. Un Espesador de lodos es un equipo que permite conseguir una reducción del volumen, incrementa la sequedad de los lodos sin que el lodo deje de ser un líquido. (Santos, 2019)

- **Filtros Bolsa**

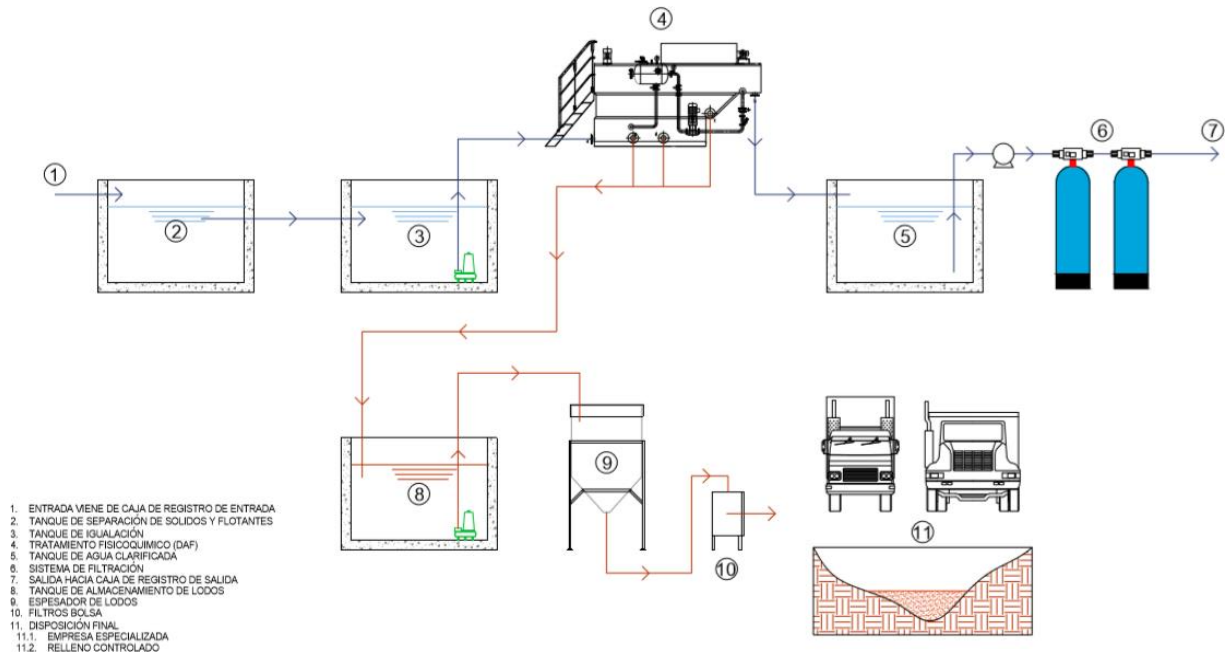
“Están hechos de polipropileno, son aptos para una amplia gama de fluidos corrosivos, incluyendo solventes orgánicos, aceites, ácidos, álcalis y microorganismos. Han sido diseñados para la retención de una diversa gama de sólidos suspendidos y sedimentales contenidos en el agua” (Santos, 2019).

- **Caja de registro y toma de muestra de salida**

“Tiene como objetivo observar la calidad del efluente y poder colocar un dispositivo de toma de muestras posterior al tratamiento” (Santos, 2019).

Figura 5

Diagrama de flujo



1. Caja de registro de entrada
2. Tanque de separación de sólidos y flotantes
3. Tanque de igualación
4. Tratamiento fisicoquímico (DAF)
5. Tanque de agua clarificada
6. Sistema de filtración
7. Salida hacia la caja de registro de salida
8. Tanque de almacenamiento de lodos
9. Espesador de lodos
10. Filtro Bolsa
11. Disposición final
 - 11.1 Empresa Especializada
 - 11.2 Relleno Controlado

Nota: Tomado de Diseño sistema de tratamiento de aguas residuales industriales

“CARTOGUA, S.A.”, por ECO-TEC, s.f., p. 7.

8.2 Horario de descarga de aguas residuales

“El área de producción tiene generación de agua residual de forma constante, encontrando un incremento de caudal en el horario de 9:15 a 13:15 horas, el caudal puede presentar diferencia de acuerdo con los bloques de producción planificados” (Santos, 2019).

Para los días de monitoreo se tomaron en cuenta el día de mayor producción en la empresa para obtener resultados más representativos de la eficiencia del sistema.

8.3 Determinación de los puntos de monitoreo

Para poder determinar la calidad del agua residual y eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa Cartones de Guatemala, S.A., se establecieron 2 puntos de monitoreo, uno en la caja de registro de ingreso y otro en la de salida.

El primer punto de monitoreo nos permite conocer la calidad del agua que ingresa a la planta de tratamiento después de su utilización.

El segundo punto de monitoreo permite determinar la calidad y las características físicas, químicas y microbiológica del agua residual en el proceso de tratamiento final.

8.4 Protocolo de recolección de muestras

La recolección de muestras tiene como objetivo obtener una parte representativa de las aguas residuales, para lo cual se analizaron las variables fisicoquímicas y microbiológicas, esto con el fin de cumplir con la normativa vigente.

Se tomaron muestras en recipientes de plástico previamente lavadas y esterilizadas, de 1 litro para las muestras fisicoquímicas y 125 cc para la muestra del análisis microbiológico.

Para realizar correctamente cada una de las fases del muestreo, desde la toma hasta su entrega, se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

a. Paso 1

Los recipientes plásticos para la recolecta de la muestra deben estar previamente esterilizados. Para evitar cualquier tipo de contaminación ajena a la muestra, se identificaron con una etiqueta indicando el nombre de la muestra, fecha y hora.

b. Paso 2

Antes de llenar el recipiente se debe lavar 2 o 3 veces con el agua que se va a analizar.

c. Paso 3

El traslado al laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- para su análisis se realizó tan pronto como fue posible, manteniendo la muestra a temperatura de refrigeración (4-8 °C).

8.5 Control y vigilancia del muestreo, preservación y transporte

El proceso de control y vigilancia de muestreo es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el informe de resultados, por lo que se requiere tener un libro de campo que permita tener registrado toda la información del muestreo; como mínimo deberá contener lo siguiente:

- Fecha y hora de recolección de datos
- Propósito del muestreo
- Localización del punto de muestreo
- Tipo de muestra (Simple o Compuesta)
- Identificar el proceso que produce el efluente
- Número y volumen de la muestra tomada

8.6 Equipo de muestreo

Para realizar el muestreo se necesitaron los siguientes materiales:

- Para la identificación de la muestra: Cinta adhesiva y rotulador, se deben colocar previamente en los recipientes de las muestras
- Hielera, una para el transporte de las muestras fisicoquímicas y otra para la muestra microbiológica
- Papel absorbente para la limpieza del equipo de campo
- Agua destilada para lavar los instrumentos de campo
- Guantes, para evitar contaminación por contacto
- Libreta de campo
- Multiparámetros

8.7 Preparación del equipo para muestreo

a. Multiparámetros

Este equipo tiene la capacidad de medir la temperatura, pH del agua, oxígeno disuelto (mg/l y % sat) y conductividad.

b. Manejo de las muestras

Luego de la recolección de las muestras, los recipientes se deben colocar en una hielera para preservarlas a 4 °C, colocando la muestra para el análisis microbiológico en una hielera diferente. Se debe tener cuidado con los recipientes en el traslado al laboratorio para evitar cualquier daño o alteración a las muestras.

8.8 Determinación de parámetro a nivel de campo

Los parámetros evaluados a nivel de campo son los siguientes:

- Temperatura en °C
- Potencial de Hidrógeno (pH)

8.9 Determinación de parámetros a nivel de laboratorio

Con el fin de conocer la calidad del agua residual y eficiencia de la planta de tratamiento, según lo requerido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 para el seguimiento y evaluación de aguas residuales, se deben realizar como mínimo 2 muestreos al año, por lo que se determinó realizar 6 muestreos en este estudio, para obtener resultados favorables.

Los parámetros, físicos, químicos y microbiológico realizados en el laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- para determinar la calidad del agua residual, son los siguientes:

- Materia flotante
- Color
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) a los 5 días a 20 grados Celsius
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Arsénico
- Cianuro
- Cobre
- Cromo hexavalente
- Zinc
- Plomo
- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- Escherichia Coli

8.10 Método de análisis para calidad del agua residual

La metodología empleada para los análisis físicos, químicos y microbiológico para determinar la calidad del agua se basó en los métodos de análisis recomendados por el “Estándar Methods of the examination of Water and Wastewater” (Método estándar para examinar agua).

8.11 Período de monitoreo

Se realizó un total de 3 monitoreos en un período de 6 meses; en cada monitoreo se tomaron 2 muestras (1 muestra en la entrada y 1 muestra en la salida).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Establecimiento de los puntos de monitoreo

Se evaluaron las características físicas, químicas y microbiológicas del agua en el sistema de tratamiento de aguas residuales en CARTOGUA, S.A., donde se establecieron 2 puntos de muestreo.

Tabla 3

Ubicación de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Ubicación	Descripción
1	Entrada de PTAR	El primer punto permite conocer la calidad del agua que ingresa al sistema después de su utilización.
2	Salida de PTAR	El segundo permite conocer la calidad y características del agua luego del proceso de tratamiento final.

9.2 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados

Por tal motivo, se realizó un estudio en un período de 6 meses (junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2022), donde se analizaron 18 parámetros, siendo estos; pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, material flotante, color, fósforo total, nitrógeno total, arsénico, cianuro, cobre, cromo, plomo, zinc, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes totales, eschericha coli y coliformes fecales, determinando parámetros a nivel de campo y laboratorio en instalaciones del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-.

El resultado de los 18 parámetros analizados en cada monitoreo del sistema de tratamiento se presenta en la tabla 5.

Tabla 4*Resultado por monitoreo*

Parámetros	Entrada Punto 1			Salida Punto 2		
pH	7.6	8.85	8	7	7.52	7.2
Temperatura °C	31	24.8	25.2	24	23.6	22.5
Sólidos Suspendidos Totales mg/l	352	380	420	324	280	250
Material Flotante Presente/Ausente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
Color Unidades Platino/Cobalto	9300	19900	20000	231	182	190
Fósforo Total mg/l	1.89	4.6	3.8	0.37	1.1	1.5
Nitrógeno total mg/l	48	980	720	6.1	229	350
Arsénico mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Cianuro mg/l	0.010	1.58	1.354	0.027	0.049	0.59
Cobre mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Cromo mg/l	0.500	0.100	0.100	0.080	0.020	0.050
Plomo mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Zinc mg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	58.79	300	320	111.2	75	85
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	410	5260	4880	224	110	150
Coliformes totales NMP/ 100 ml	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Menor a 3.00	Menor a 3.00
Escherichia coli NMP/ 100 ml	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Menor a 3.00	Menor a 3.00
Coliformes fecales NMP/ 100 ml	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Mayor o igual a 2400.00	Menor a 3.00	Menor a 3.00

En la tabla 6, se puede observar los resultados promedio en cada punto de muestreo comparados con el límite máximo permisible según el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

El punto de muestreo número 1 (entrada) presentó cinco parámetros que sobrepasan el límite permisible según la normativa vigente, siendo, sólidos suspendidos totales con un valor de 384 mg/l, tiene presencia de material flotante, el parámetro de color tuvo un resultado de 16400 unidades platino cobalto, nitrógeno total un valor de 582.67 mg/l y cromo con 0.23 mg/l. En el punto de muestreo 2 (salida) se obtuvieron dos

resultados fuera del rango requerido; los cuales fueron sólidos suspendidos totales, con un valor de 285 mg/l y, nitrógeno total, con un resultado de 195 mg/l, indicando que no se encuentra dentro de los valores requeridos.

Tabla 5

Resultado promedio

Parámetro	Entrada Punto 1	Salida Punto 2	Límite máximo permisible Acuerdo 236-2006
pH	8.15	7	6 a 9
Temperatura °C	27	23	TCR +/- 7
Sólidos suspendidos totales mg/l	384	285	100
Material Flotante	Presente	Ausente	Ausente
Color unidades platino cobalto	16400	201	500
Fósforo total mg/l	3.43	1	30
Nitrógeno total mg/l	582.67	195	20
Arsénico mg/l	0.001	0.001	0.1
Cianuro mg/l	0.98	0.22	1
Cobre mg/l	0.001	0.001	3
Cromo mg/l	0.23	0.05	0.1
Plomo mg/l	0.001	0.001	0.4
Zinc mg/l	0.5	0.5	10
Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	226.3	90.4	250
Demanda química de oxígeno (DQO)	3516.7	161.3	---
Coliformes totales NMP/ 100 ml	Mayor o igual a 2400.00	Menor a 3.00	1*10 ⁴
Escherichia coli NMP/ 100 ml	Mayor o igual a 2400.00	Menor a 3.00	1*10 ⁴
Coliformes fecales NMP/ 100 ml	Mayor o igual a 2400.00	Menor a 3.00	1*10 ⁴

9.2.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Uno de los parámetros que se utiliza para determinar la calidad del agua y verificar si la norma cumple con los límites máximos permisibles es el análisis de pH. Este nos permite establecer que tan ácida o básica es una solución, donde su rango es de 0 a 14; estos valores son de vital importancia en procesos industriales debido a que puede afectar la calidad del producto, por lo que en el tratamiento de aguas residuales es necesario controlar los niveles de pH a fin de garantizar condiciones óptimas para conseguir las reacciones químicas o microbianas deseadas y que el proceso resulte eficiente.

En la tabla 7 se presentan los resultados de análisis de pH obtenidos en los diferentes monitoreos de los puntos de muestreo establecidos en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A, comparados con el límite permisible por el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Se puede observar que el valor promedio del agua que ingresa a la planta de tratamiento luego de su utilización es de 8.15 unidades y como tratamiento final se obtiene un valor promedio de pH de 7 unidades en el punto 2 (salida),

Tabla 6

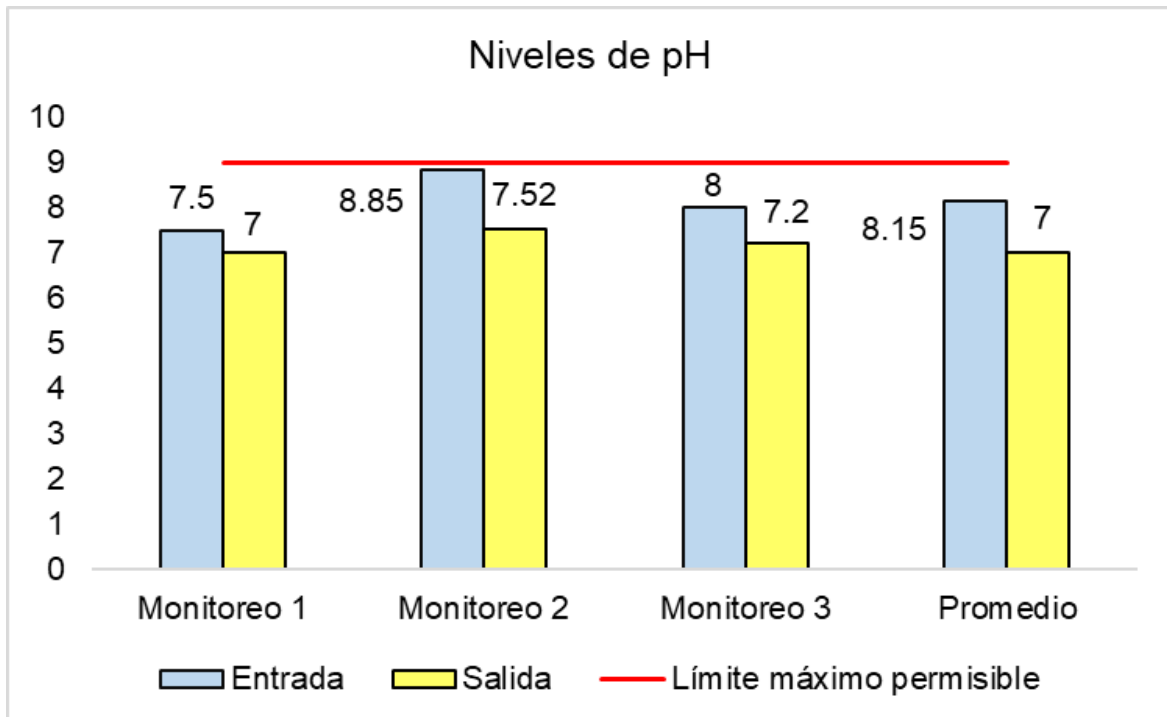
Resultado de pH

Punto de Muestreo	pH				Promedio	Límite máximo permisible
	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo			
Entrada	7.5	8.85	8		8.15	6 a 9
Salida	7	7.52	7.2		7	

Como se observa en la figura 6, el comportamiento del parámetro de pH es de 7 a 8.15 unidades en los diferentes monitoreos realizados, cada resultado comparado con el límite máximo permisible, siendo este de 6 a 9, nos indica que en ambos puntos del muestreo el nivel de pH se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Figura 6

Resultado de pH



9.2.2 Temperatura °C

La temperatura es una medida de la energía, se mide en una escala de grados Centígrados. Es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua, debido a que afecta la química del agua e influye en la cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua. Los valores de temperatura en el agua residual dependerán de la zona y época del año en la que se realice la medición, de los valores de temperatura depende el proceso biológico de depuración.

En la tabla 8, se reflejan los resultados obtenidos en campo de temperatura en grados Celsius de la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales, con su respectivo promedio, la temperatura del agua en el punto de muestreo 1 proviene del agua que ingresa al sistema de tratamiento luego de ser utilizada, la cual tuvo un valor promedio de 27°C, luego pasa por el proceso de desinfección hasta llegar al tratamiento final donde se obtiene 23°C de temperatura en el punto de muestreo 2.

Tabla 7*Resultado de temperatura*

Temperatura °C					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	31	24.8	25.2	27	TCR +/- 7
Salida	24	23.6	22.5	23	

9.2.3 Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos suspendidos totales se utilizan para evaluar la calidad del agua después de un proceso de tratamiento; cuando están presentes, contienen una cantidad significativa de los contaminantes presentes en el agua.

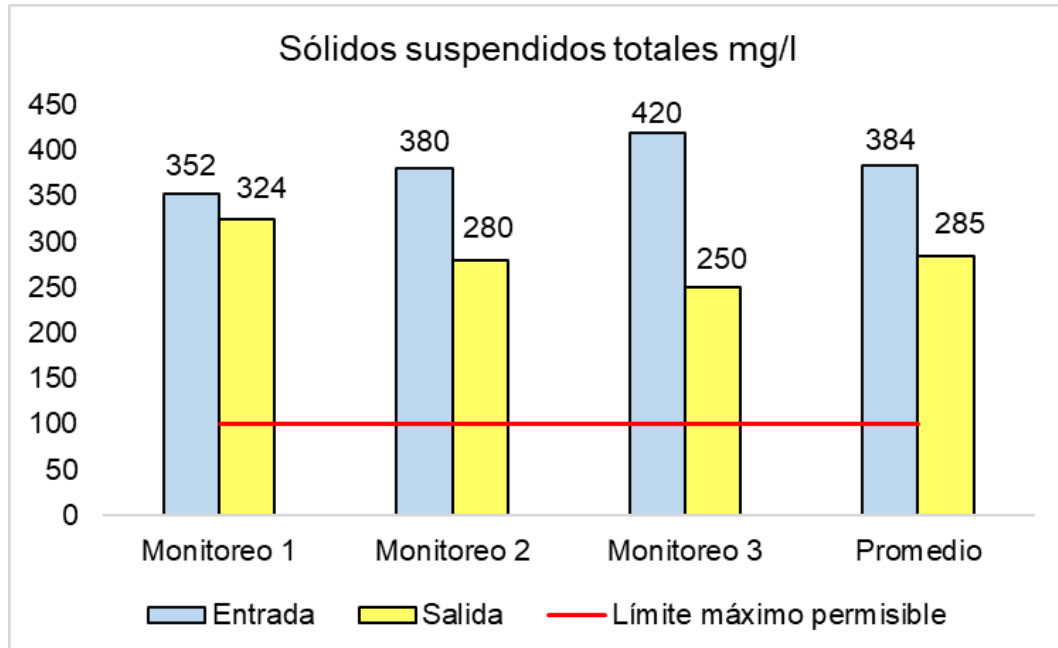
En la tabla 9, se muestra un comparativo de los resultados obtenidos a nivel de laboratorio en los 2 puntos de muestreo establecidos en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A, con el límite permisible por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Tabla 8*Resultado de sólidos suspendidos totales*

Sólidos Suspendidos Totales mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	352	380	420	384	100
Salida	324	280	250	285	100

Figura 7

Resultado de sólidos suspendidos totales



En la figura 7, se puede observar los resultados obtenidos a nivel de laboratorio en los puntos de muestreo con su respectivo promedio, donde se refleja que el promedio del punto de muestro 1 (entrada) presenta un valor de 384 mg/l, que, al pasar por un proceso de sedimentación y filtración, el agua post tratamiento presenta en el punto de muestreo 2 (salida) un valor de 285 mg/l, el cual no cumple con el límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006. En cada monitoreo que se realizó todos los resultados fueron superiores al rango aceptable.

9.2.4 Material Flotante

En la tabla 10, se muestran los resultados obtenidos a nivel de laboratorio del parámetro de material flotante, que se representa como presente/ausente, comparados con el límite máximo permisible según el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Donde se observa que el agua al entrar al sistema de tratamiento sí tiene presencia de material flotante y al pasar por el proceso de desinfección en el punto de muestreo 2 (salida) se encuentra ausente, cumpliendo con lo requerido por la normativa vigente.

Tabla 9*Resultado de material flotante*

Material Flotante Presente/Ausente					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente
Salida	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

9.2.5 Color Unidades Platino/Cobalto

En la tabla 11, se muestran los resultados obtenidos a nivel de laboratorio de color en unidades platino/cobalto donde se refleja los datos de los tres monitoreos realizados, el promedio de los puntos de muestreo y el límite máximo permisible.

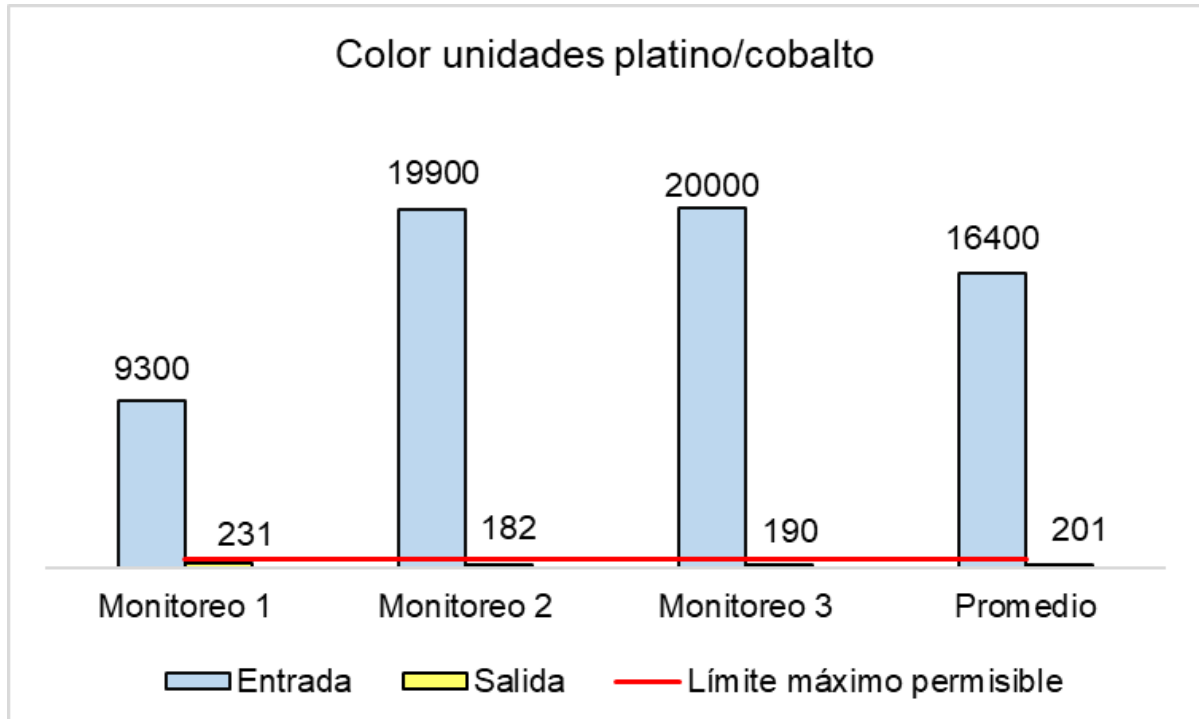
Tabla 10*Resultado de color*

Color Unidades Platino/Cobalto					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	9300	19900	20000	16400	500
Salida	231	182	190	201	500

En la figura 8, se muestran los valores en el punto de muestreo 1 (entrada), los cuales suelen ser elevados debido a las concentraciones altas de tinta que se utilizan para la elaboración de los diferentes tipos de cajas. En el punto de muestreo 2 (salida), post tratamiento, se observa que los valores en cada monitoreo son inferiores al rango aceptable y el valor promedio es de 201 unidades platino/cobalto, cumpliendo con el límite máximo permisible de la normativa vigente, el cual indica se debe encontrar en un rango de 500.

Figura 8

Resultado de color



9.2.6 Fósforo total

El fósforo total es la suma de todas las formas de fósforo existente: fosfatos, fosfatos condensados y orgánicos. Los altos niveles de fósforo en los vertidos de aguas residuales pueden afectar considerablemente al ecosistema. También pueden acelerar el crecimiento de distintos tipos de algas, por lo que la medición de este parámetro en el efluente de aguas residuales es de suma importancia para proteger el medio ambiente.

En la tabla 12, se muestran los resultados obtenidos a nivel de laboratorio de fósforo total en mg/l en cada etapa de monitoreo en los dos puntos de muestreo establecidos en la planta de tratamiento comparados con el límite máximo permisible requerido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

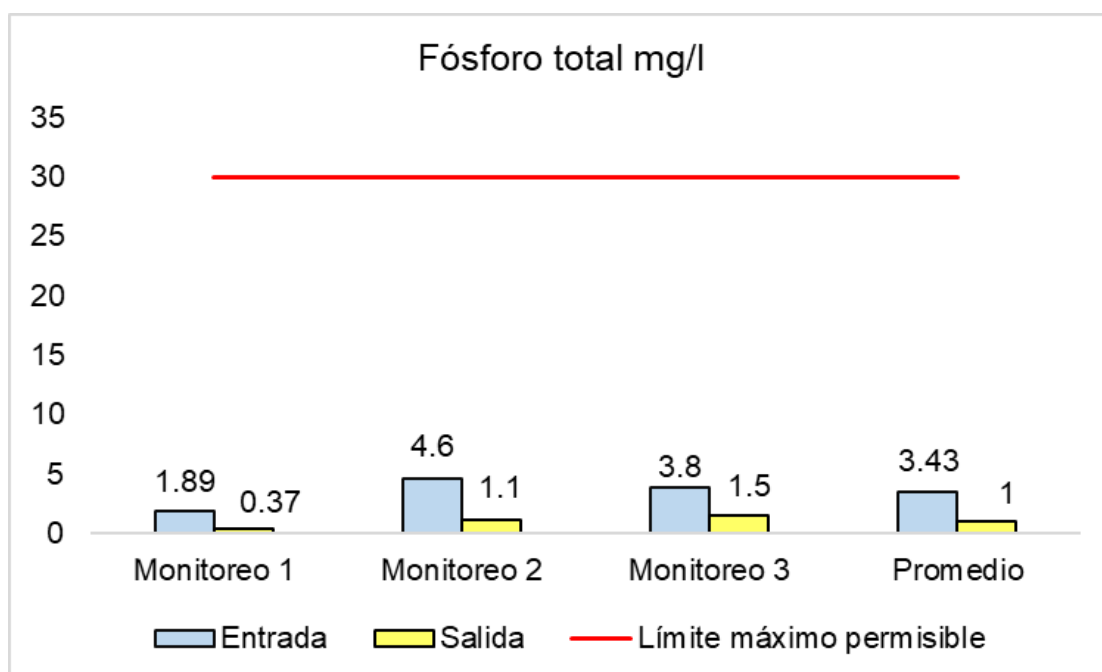
Tabla 11

Resultado de fósforo total

Fósforo Total mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	1.89	4.6	3.8	3.43	30
Salida	0.37	1.1	1.5	1	30

Figura 9

Resultado de fósforo total



La figura 9, muestra los resultados en cada monitoreo comparados con el límite máximo permisible, donde, el punto de muestreo 1 (entrada) presenta un valor promedio de concentración de fósforo total de 3.43 mg/l y post tratamiento presenta un valor de 1 mg/l, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

9.2.7 Nitrógeno total

La presencia de concentraciones altas de nitrógeno conlleva a consecuencias ambientales y sanitarias en el recurso hídrico como aumento de la acidez, eutrofización y toxicidad de los ecosistemas acuáticos. Asimismo, la presencia de alto nitrógeno en el agua establece riesgos para el ser humano por la ingesta o contacto directo con compuestos como toxinas liberadas por floraciones de cianobacterias en ambientes eutrofizados.

En la tabla 13, se muestran los resultados de las concentraciones de nitrógeno en mg/l en cada punto de muestreo comparados con el límite máximo permisible del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Tabla 12

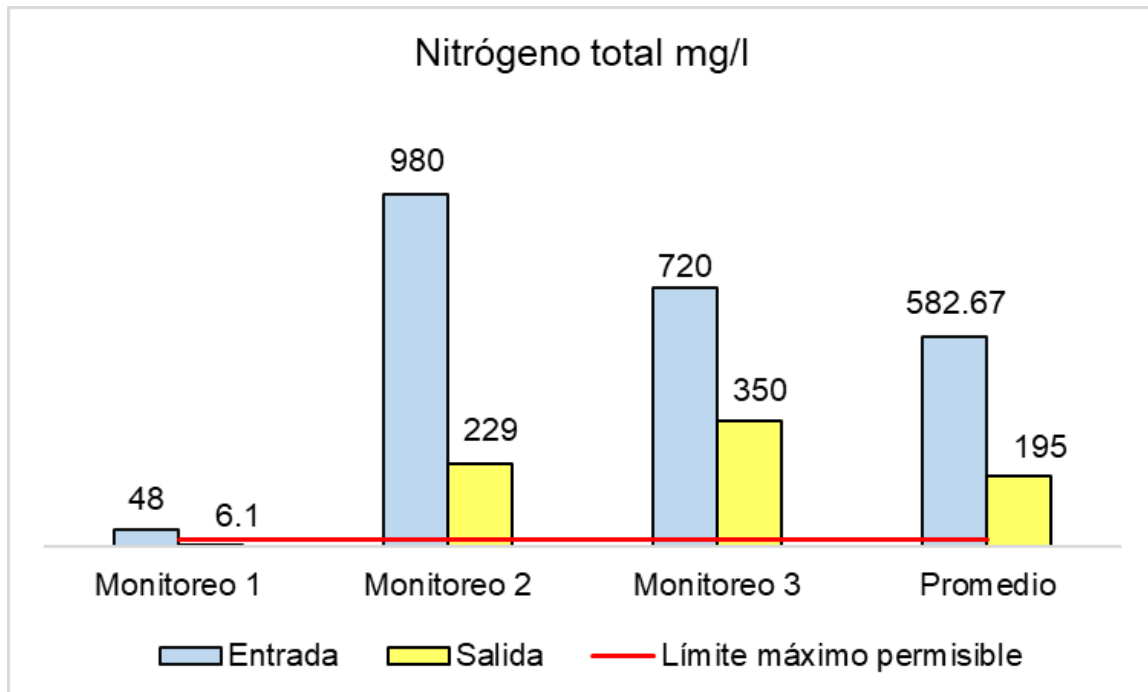
Resultado de nitrógeno total

Nitrógeno Total mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	48	980	720	582.67	20
Salida	6.1	229	350	195	20

En la figura 10, se puede observar en el punto de muestreo 1 (entrada) un valor promedio elevado al límite máximo permisible de 582.67 mg/l y luego del tratamiento final presenta un valor promedio en el punto de muestreo 2 (salida) de 195 mg/l, lo que indica que sobrepasa el rango requerido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, siendo este de 20 mg/l.

Figura 10

Resultado de nitrógeno total



Los resultados en el primer monitoreo en salida se encontraron dentro del rango aceptable, debido a que el día en que se tomó la muestra en los diferentes puntos de muestreo en ese momento realizaron cloración del agua, por lo que los datos obtenidos en el primer monitoreo son diferentes al resto.

Realizan la aplicación de solución de hipoclorito de sodio de manera inadecuada, debido a que no llevan un control, no realizan esta acción siguiendo un plan donde se cumpla un horario específico cada día.

9.2.8 Arsénico

En la tabla 14, se muestra una comparación de los resultados del análisis a nivel de laboratorio para el arsénico en mg/l en los 2 puntos de muestreo (entrada y salida), establecidos en el sistema de tratamiento de aguas residuales, donde se obtuvieron datos semejantes en cada monitoreo, cumpliendo con el valor establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Tabla 13*Resultado de arsénico*

Arsénico mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	0.001	0.001	0.001	0.001	0.1
Salida	0.001	0.001	0.001	0.001	0.1

9.2.9 Cianuro

En la tabla 15, se muestra una comparación de los resultados de análisis de cianuro en las diferentes etapas de monitoreo en los 2 puntos de muestreo (entrada y salida) con el límite máximo permisible por el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

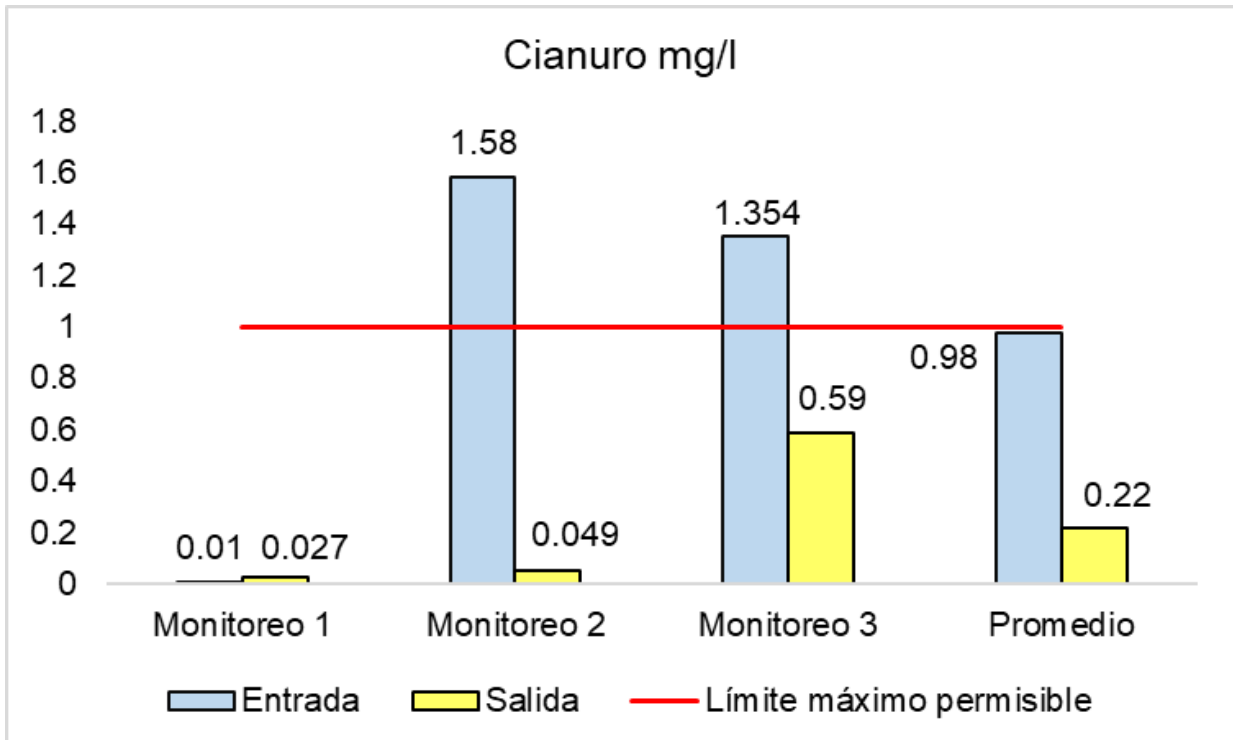
Tabla 14*Resultado de cianuro*

Cianuro mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	0.010	1.58	1.354	0.98	1
Salida	0.027	0.049	0.59	0.22	1

Los diferentes metales pesados que se evaluaron en la planta de tratamiento cumplen con lo establecido en la norma vigente, no tienen un impacto negativo en el medio ambiente, esto quiere decir que el tratamiento final ha disminuido su concentración.

Figura 11

Resultado de cianuro



La figura 11, refleja los resultados obtenidos en cada monitoreo en los diferentes puntos de muestreo, donde se demuestra que el valor promedio de entrada es de 0.98 mg/l y el de salida fue de 0.22 mg/l, cumpliendo con el límite máximo permisible de la normativa vigente que tienen un valor aceptable de 1 mg/l.

9.2.10 Cobre

En la tabla 16, se muestra los resultados de análisis de cobre en los diferentes monitoreos realizados en los 2 puntos de muestreo comparado con lo requerido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, indicando que el agua del efluente y afluente se encuentra dentro de los rangos aceptables.

Tabla 15*Resultado de cobre*

Cobre mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	0.001	0.001	0.001	0.001	3
Salida	0.001	0.001	0.001	0.001	3

9.2.11 Cromo

En la tabla 17, se muestra los resultados de cromo en las diferentes etapas de monitoreo en los 2 puntos de muestreo (entrada y salida) comparado con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, indicando que el agua que sale del sistema de tratamiento de aguas residuales se encuentra dentro de los rangos aceptables.

Tabla 16*Resultado de cromo*

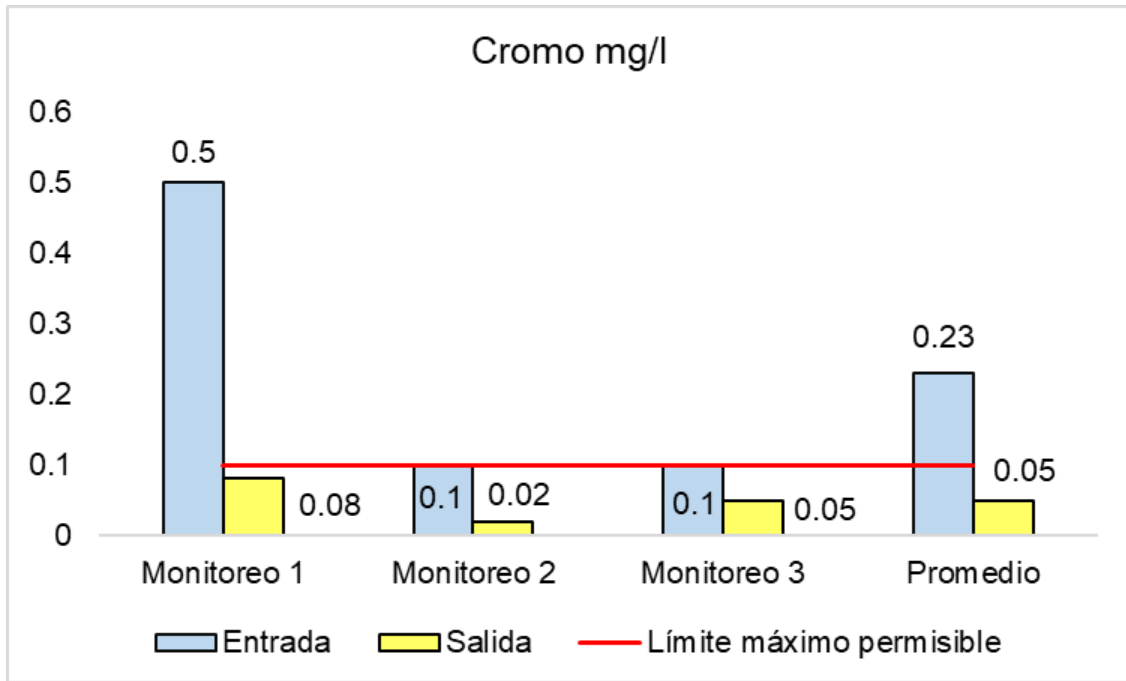
Cromo mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	0.500	0.100	0.100	0.23	0.1
Salida	0.080	0.020	0.050	0.050	0.1

En la figura 12, se reflejan los datos obtenidos en los tres diferentes monitoreos realizados, comparados con el límite máximo permisible, el cual se encuentra en un rango de 0.1 mg/l.

El punto de muestreo 1 tuvo un valor promedio de 0.23, no cumple con lo requerido, mientras que el punto de muestreo 2 tuvo un valor de 0.05 mg/l, siendo un rango aceptable por la normativa vigente.

Figura 12

Resultado de cromo



9.2.12 Plomo

En la tabla 18, se muestra una comparación de los resultados obtenidos en las diferentes etapas de monitoreo con lo establecido en el Reglamento de Aguas Residuales y Disposición de Lodos, Acuerdo 236-2006, indicando un valor promedio en ambos puntos de muestreo; en todos los monitoreos realizados se obtuvieron los mismos datos, los cuales se encuentran dentro del límite máximo permisible.

Tabla 17

Resultado de plomo

Plomo mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	0.001	0.001	0.001	0.001	0.4
Salida	0.001	0.001	0.001	0.001	0.4

9.2.13 Zinc

En la tabla 19, se muestran los resultados obtenidos a nivel de laboratorio en las diferentes etapas de monitoreo comparados con lo requerido en la normativa vigente, indicando un valor promedio de 0.5 mg/l en el punto de muestreo 2 (salida) cumpliendo con lo establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Se obtuvieron los mismos resultados del parámetro en cada monitoreo realizado.

Tabla 18

Resultado de zinc

Punto de Muestreo	Zinc mg/l				Promedio	Límite máximo permisible
	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo			
Entrada	0.5	0.5	0.5		0.5	10
Salida	0.5	0.5	0.5		0.5	10

9.2.14 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

La demanda biológica de oxígeno es uno de los parámetros más importantes en la caracterización de las aguas residuales debido a que indica la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación, esto quiere decir, que entre más contaminación, mayor será la DBO.

En la tabla 20, se muestran los resultados de análisis a nivel de laboratorio para el parámetro de la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) en miligramos por litro (mg/l) en las diferentes etapas de monitoreo en los 2 puntos de muestreo establecidos en el sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A., comparado con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Tabla 19

Resultado de demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

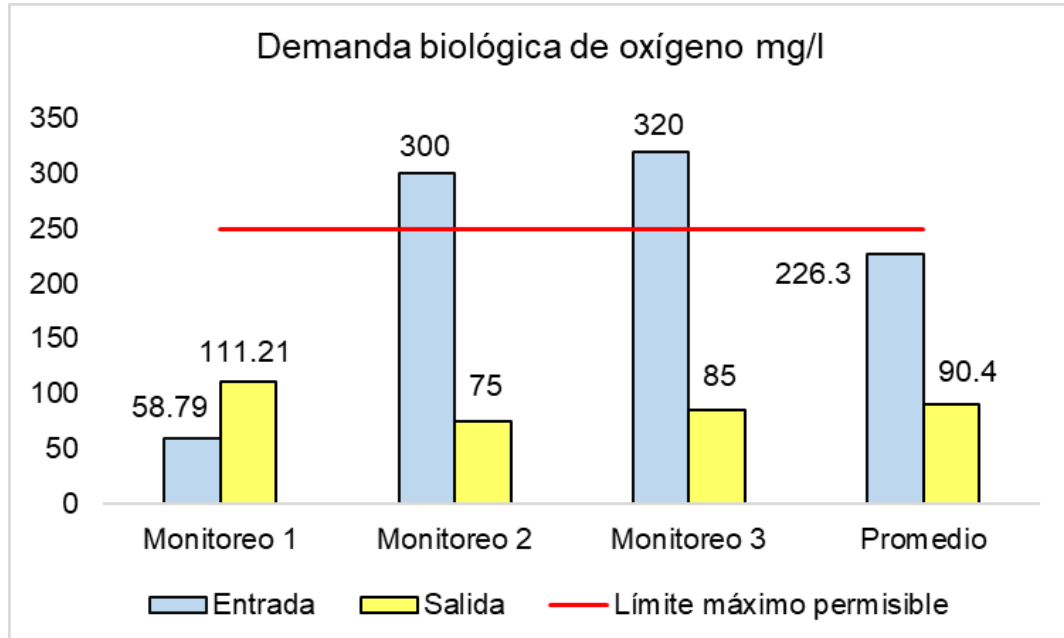
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) mg/l					
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio	Límite máximo permisible
Entrada	58.79	300	320	226.3	250
Salida	111.21	75	85	90.4	250

Como se muestra en la figura 13, el comportamiento de la demanda biológica de oxígeno varia en las diferentes etapas de monitoreo, mostrando un valor promedio en el punto de muestreo 1 (entrada) de 226.3 mg/l hasta pasar la parte final que se representa en el punto de muestreo 2 (salida) con un valor promedio de 90.4 mg/l, comparado con el límite máximo permisible según el reglamento de aguas residuales y disposición de lodos 236-2006, si se encuentra dentro del rango establecido.

En el primer monitoreo que se realizó en el punto de muestreo número 2, se obtuvo un resultado más alto que en entrada debido a que ese día no se realizó una correcta desinfección del agua. Usando de manera adecuada los coagulantes/floculantes y eliminando las partículas en suspensión, pueden obtenerse disminuciones muy significativas de DBO y de DQO que permitan cumplir la normativa vigente.

Figura 13

Resultado de demanda biológica de oxígeno (DBO₅)



9.2.15 Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno del agua representa la cantidad de oxígeno necesaria para descontaminar la materia orgánica presente en el agua.

En la tabla 21, se presentan los resultados de análisis de demanda química de oxígeno (DQO) en miligramos por litro (mg/l) para cada punto de muestreo y en cada etapa de monitoreo, determinados a nivel de laboratorio.

El punto de muestreo 1 (entrada) representa un valor promedio de 3516.7 mg/l, posterior al proceso de tratamiento final el punto de muestreo 2 (salida) refleja un valor promedio de 161.3 mg/l.

Tabla 20*Resultado de demanda química de oxígeno (DQO)*

Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/l				
Punto de Muestreo	Primer Monitoreo	Segundo Monitoreo	Tercer Monitoreo	Promedio
Entrada	410	5260	4880	3516.7
Salida	224	110	150	161.3

9.2.16 Análisis microbiológico

En la tabla 22, se muestra los resultados promedio obtenidos a nivel de laboratorio del análisis microbiológico comparado con el límite máximo permisible del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006. Los resultados obtenidos muestran el número más probable por cada 100 ml de agua, indicando que no sobrepasan el rango requerido por la normativa vigente.

Tabla 21*Resultado de coliformes fecales, totales y escherichia coli*

Análisis microbiológico a nivel de laboratorio				
Punto de Muestreo	Coliformes Totales	Escherichia Coli	Coliformes Fecales	Límite máximo permisible
Entrada	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁴
Salida	Menor a 3.00 NMP/100 ml	Menor a 3.00 NMP/100 ml	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁴

9.3 Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento

Para conocer la eficiencia del sistema de tratamiento de agua residual de la empresa CARTOGUA, S.A., se realizó un análisis comparativo de los resultados promedio

obtenidos en el punto de muestreo número 2 con los límites máximos permisibles del Reglamento de Las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 para evaluar si cumple con los rangos establecidos.

Tabla 22

Análisis comparativo del punto 2 con el límite máximo permisible

Parámetro	Dimensional	Salida Punto 2 Efluente	Límite máximo permisible Acuerdo 236-2006	Análisis de resultado
pH	Unidades de potencial de hidrógeno	7	6 a 9	Si cumple
Temperatura °C	°C	23	TCR +/- 7	Si cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/l	285	100	No cumple
Material Flotante	Presente/Ausente	Ausente	Ausente	Si cumple
Color	Unidades platino cobalto	201	500	Si cumple
Fósforo total	mg/l	1	30	Si cumple
Nitrógeno total	mg/l	195	20	No cumple
Arsénico	mg/l	0.001	0.1	Si cumple
Cianuro	mg/l	0.22	1	Si cumple
Cobre	mg/l	0.001	3	Si cumple
Cromo	mg/l	0.05	0.1	Si cumple
Plomo	mg/l	0.001	0.4	Si cumple
Zinc	mg/l	0.5	10	Si cumple
(DBO ₅)	mg/l	90.4	250	Si cumple
(DQO)	mg/l	161.3	---	
Coliformes totales	NMP/100 ml	Menor a 3.00	1*10 ⁴	Si cumple
Escherichia coli	NMP/100 ml	Menor a 3.00	1*10 ⁴	Si cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Menor a 3.00	1*10 ⁴	Si cumple

Para conocer el comportamiento y eficiencia del sistema de tratamiento de agua residual tipo especial de la empresa se realizaron tres diferentes monitoreos, considerando como punto de muestreo el afluente y efluente de los cuales se obtuvieron un promedio.

Se tomó como referencia el punto de muestreo número 2 (salida/efluente), dado que, luego de ser tratada el agua, se evalúa su nivel de contaminación para verificar que cumpla con la normativa, en este caso; con el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 y así poder conocer la eficiencia de la PTAR.

Como se observa en la tabla 23, de los 18 parámetros analizados a nivel de campo y laboratorio, 2 de ellos no cumplen con lo requerido por la normativa, siendo estos los sólidos suspendidos totales (con un valor de 285 mg/l) y nitrógeno total (con 195 mg/l).

La alta tasa de concentración de estos parámetros se debe a que el pretratamiento tipo DAF de la PTAR no realiza de manera adecuada la separación de sólidos flotantes y materiales no biodegradables, a causa de que no tienen personal capacitado para llevar un control de este y estar pendiente de cada proceso que conlleva el tratamiento de desinfección del agua.

Por otra parte, tienen la mala práctica de no clorar el agua cuando transita en el dosificador de cloro, por lo que no tienen un horario para la aplicación de hipoclorito de sodio y lo emplean en cualquier momento, teniendo en cuenta que es necesario realizarlo en la etapa final de tratamiento para disminuir los niveles de contaminación del agua.

9.4 Lineamientos de manejo para la eficiencia del sistema de tratamiento

Para obtener resultados eficientes en la PTAR de la empresa CARTOGUA, S.A., se plantean dos estrategias; la primera, orientada al manejo operativo del sistema; y la segunda, al aprovechamiento del agua tratada y los lodos.

a. Estrategia 1: Manejo óptimo del sistema de tratamiento de aguas residuales

Para lograr tener resultados óptimos se proponen las siguientes acciones para el manejo adecuado del sistema de tratamiento:

- **Eficientizar el proceso de filtración**

Se debe analizar la calidad y eficiencia del proceso de pretratamiento tipo DAF para separar las partículas líquidas o sólidas que contenga el agua y realizar la aplicación de solución de hipoclorito de sodio correcta para lograr una desinfección adecuada, realizar esta acción de acuerdo con un plan donde se cumpla un horario específico cada día y se le dé seguimiento.

- **Monitoreo y control del proceso de tratamiento**

Es importante realizar monitoreos constantes en los diferentes puntos de muestreo con el objetivo de regular los parámetros fisicoquímicos para mejorar la eficiencia en el tratamiento del agua residual y de esta forma se pueda cumplir con lo requerido en el reglamento de aguas residuales y disposición de lodos, acuerdo gubernativo 236-2006.

- **Capacitación constante a operadores**

Capacitar a operadores es parte de la mejora continua para llevar un control y registro de los parámetros a evaluar de la PTAR, buscando optimizar el proceso de tratamiento y así cumplir con la normativa.

b. Estrategia 2: Aprovechamiento del agua tratada y lodos

El agua residual ya tratada puede utilizarse de diversas maneras, de las cuales se puede mencionar las siguientes:

- Uso para riego de pastos, jardines y procesos industriales
- Se emplean para recargar el agua de los acuíferos

Asimismo, los lodos, cuando han sido tratados resultan ideales para la agricultura, también pueden ser utilizados para la recuperación de suelos degradados, estos ayudan a mejorar la densidad y porosidad.

10. CONCLUSIONES

1. Se establecieron 2 puntos de muestreo (entrada y salida), realizando 3 monitoreos en un período de 6 meses, analizando un total de 18 parámetros para determinar las características físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales para verificar si cumple con el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.
2. Debido a que no cuentan con un laboratorio ambiental y no cuentan con personal capacitado realizan análisis de agua cada 6 meses, por tal razón, no emplean monitoreos constantes y no tienen un manejo adecuado de la PTAR, teniendo resultados no óptimos.
3. Los parámetros en el punto de muestreo 2 (salida) que sobrepasan el límite máximo permisible del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 son sólidos suspendidos totales (con un valor de 285 mg/l) y nitrógeno total (con un valor de 195 mg/l).
4. El personal encargado de mantenimiento del sistema de tratamiento debe mejorar la aplicación de cloro en el agua y tener un horario específico para disminuir los niveles de contaminación en el agua. Asimismo, debe tener un mejor control del proceso de pretratamiento DAF para que realice la separación de sólidos de manera eficiente.

11. RECOMENDACIONES

1. Se requiere de instrumentos de laboratorio para analizar de una manera más eficiente los parámetros de temperatura y pH a nivel de campo, para que puedan tener un dato más consistente de la calidad del agua en su momento y puedan proseguir con el proceso de tratamiento.
2. Realizar monitoreos continuos a los resultados obtenidos del análisis del agua en el proceso, para realizar acciones que permitan el funcionamiento eficiente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTONES DE GUATEMALA, S.A.
3. Mejorar la oxigenación del agua, la separación de sólidos y la aplicación de la solución de hipoclorito de sodio en el pretratamiento avanzado tipo DAF, para reducir los niveles de los parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles en el Acuerdo Gubernativo 236.2006 y así lograr incrementar la eficiencia del sistema.
4. Aprovechar el agua ya tratada para riego, procesos industriales o fines recreativos, también puede utilizarse para mantener el flujo ambiental y para uso agrícola.
5. Implementar un laboratorio ambiental dentro de la empresa que permita realizar análisis de agua de manera constante, para tener un mejor control y registro de los diferentes parámetros y así cumplir con lo establecido en el Reglamento de Aguas Residuales y Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.

12. REFERENCIAS

Acuerdo gubernativo no. 236-2006 [Presidencia de la república de Guatemala]. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. 5 de mayo de 2006. <https://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/07-Acuerdo-gubernativo-236-2006-Reglamento-descargas-y-reuso.pdf>

Del Cid Colindres, P. (s.f.). Diseño de sistema de tratamiento agua residual ordinaria [documento electrónico]. Cartones de Guatemala, S.A.

ECO-TEC. (s.f.). Diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales “CARTOGUA, S.A.” [Documento electrónico]. Eco-Tec/HidroFuerza.

Gutiérrez Flórez, S. (2010). Implementación del plan de gestión ambiental en la empresa de empaques corrugado CORRUMED, S.A. [tesis de licenciatura, Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingeniería Ambiental]. Repositorio Institucional Corporación Universitaria Lasallista. http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/456/1/Plan_gestion_ambiental_CORRUMED.pdf



InterApas. (s.f.). Sistema de tratamiento de aguas residuales. Conagua/Semarnat. http://interapas.mx/files/cultura_del_agua/folletos/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

Liquidano Illescas, I. A. (2008). Determinación de la eficiencia de la megaplanta de biofiltros de Villa Canales en la reducción de demanda química y bioquímica de oxígeno y en la remoción de nutrientes de aguas residuales que se vierten en el lago de Amatitlán [tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Centro de Documentación y Biblioteca de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB910.pdf>

Pérez Solares, A. E. (2012). Utilización con fines de riego del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria, USAC [tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería]. Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0223_MT.pdf

Rodríguez, M. (2016). Recursos naturales del municipio de Morales, Izabal. deGuate. <https://departamentos.deguate.com/izabal/recursos-naturales-del-municipio-de-morales-izabal/>



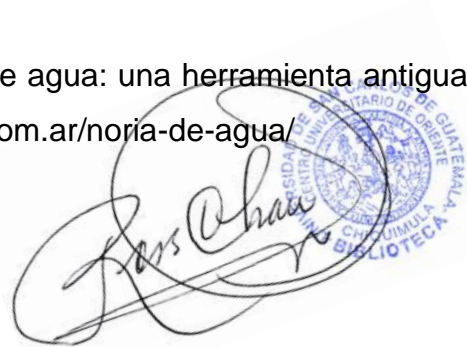
Santos, J. (2019). Estudio técnico de agua residual “CARTOGUASA” [documento electrónico]. Cartogua.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010). Plan de desarrollo municipal Morales, Izabal. Segeplan/DPT. https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/08/PDM_1804-1.pdf

Solís, E. (2021). Generalidades de la fabricación de cartón corrugado y empaques de cartón corrugado [documento electrónico]. Cartones de Guatemala, S. A., Cartogua.

Spena Group. (10 de diciembre de 2016). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales –PTAR. <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-ptar/>

Tema Astra para WordPress. (2023). La noria de agua: una herramienta antigua con mucho potencial. 8300. <https://8300.com.ar/noria-de-agua/>



13. APÉNDICES



Figura A1
Sistema de Tratamiento de Agua Residual Especial

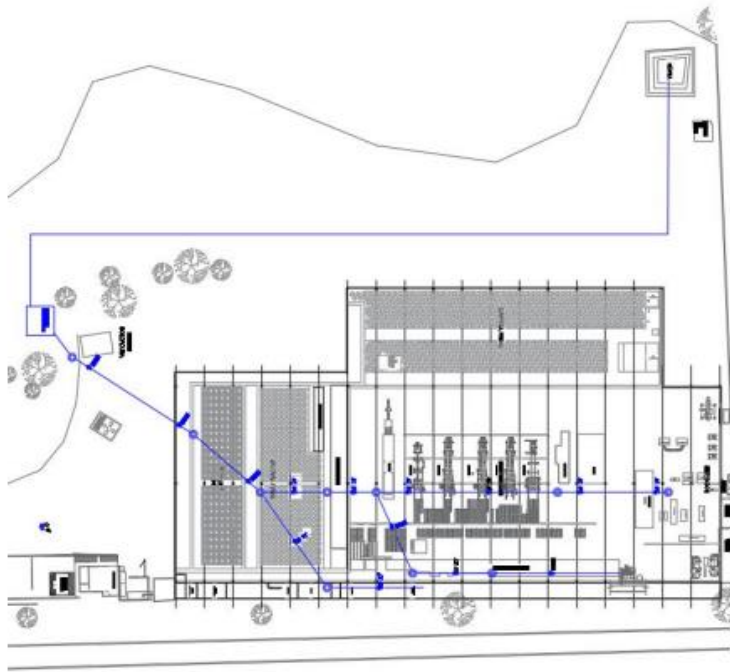


Figura A2
Punto de reúso para efluente de sistema de tratamiento especial

Referido por:	..... Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	29-2022
Identificación de la Muestra:	..... Entrada Planta de tratamiento	Fecha:	15/06/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:	.....	
Teléfono:	.....	

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS		RESULTADOS	REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES No.236-2006 Límite Máximo Permissible
Sólidos suspendidos totales	mg/l (1)	352	100
Material Flotante	Presente/Ausente (1)	Presente	Ausente
Color	Unidades Platino/Cobalto (2)	9300.0	500
Fósforo total	mg/l (2)	1.89	30
Nitrógeno Total	mg/l (2)	48	20
Arsénico	mg/l (4)	0.001	0.1
Cianuro	mg/l (2)	0.010	1
Cobre	mg/l (4)	0.001	3
Cromo	mg/l (2)	0.500	0.1
Plomo	mg/l (4)	0.001	0.4
Zinc	mg/l (4)	0.5	10
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg/l (1)	58.79	250
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/l (2)	410	---

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

** TCR: Temperatura del cuerpo receptor

Método:

- (1) Standard Methods For the examination of Water and Wastewater 21 St. Edition 2005
- (2) Método Spectrofotómetro UV-Vis DR 5000, Test. Al,NO2,NO3,Mg, SO4, Color.
- (3) Multiparámetro HQ 40D, pH, temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto.
- (4) Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO

Observaciones:

La muestra fue analizada a 25 grados Celsius
Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 agua para consumo humano.




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A3
Análisis de primer monitoreo del punto de muestreo 1 de parámetros fisicoquímicos a nivel de laboratorio

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	..... Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	29-2022
Identificación de la Muestra:	..... Entrada Planta de tratamiento	Fecha:	15/06/2022
Localización:	..... Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:			
Teléfono:			

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
ESCHERICHIA COLI	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
COLIFORMES FECALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵

Método:

AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes Fecales y Escherichia coli en agua.
Tecnología de Substrato definido.

NMP: Número Más Probable

ml: milímetro

Observaciones:

SEGÚN LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA **COGUANOR NTG 29001** "AGUA PARA CONSUMO HUMANO".
LOS COLIFORMES TOTALES, FECALES Y ESCHERICHIA COLI NO DEBEN SER DETECTABLES EN 100ml
DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A4
Análisis de primer monitoreo del punto de muestreo 1 de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	..... Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	30-2022
Identificación de la Muestra:	..... Salida Planta de tratamiento	Fecha:	15/06/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:	.....	
Teléfono:	.....	

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS		RESULTADOS	REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES No.236-2006 Límite Máximo Permissible
Sólidos suspendidos totales	mg/l (1)	324	100
Material Flotante	Presente/Ausente (1)	Ausente	Ausente
Color	Unidades Platino/Cobalto (2)	231	500
Fósforo total	mg/l (2)	0.37	30
Nitrógeno Total	mg/l (2)	6.1	20
Arsénico	mg/l (4)	0.001	0.1
Cianuro	mg/l (2)	0.027	1
Cobre	mg/l (4)	0.001	3
Cromo	mg/l (2)	0.080	0.1
Plomo	mg/l (4)	0.001	0.4
Zinc	mg/l (4)	0.5	10
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg/l (1)	111.21	250
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/l (2)	224	---

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

** TCR: Temperatura del cuerpo receptor

Método:

(1) Standard Methods For the examination of Water and Wastewater 21 St. Edition 2005

(2) Método Spectrofotómetro UV-Vis DR 5000, Test. Al,NO2,NO3,Mg, SO4, Color.

(3) Multiparámetro HQ 40D, pH, temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto.

(4) Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO

Observaciones:

La muestra fue analizada a 25 grados Celsius

Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 agua para consumo humano.




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A5
Análisis de primer monitoreo del punto de muestreo 2 de parámetros físicoquímicos a nivel de laboratorio

**LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	30-2022
Identificación de la Muestra:	Salida Planta de tratamiento	Fecha:	15/06/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:			
Teléfono:			

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
ESCHERICHIA COLI	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
COLIFORMES FECALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵

Método:

AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes Fecales y Escherichia coli en agua. Tecnología de Substrato definido.

NMP: Número Más Probable

ml: milímetro

Observaciones:

SEGÚN LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA **COGUANOR NTG 29001** "AGUA PARA CONSUMO HUMANO".
LOS COLIFORMES TOTALES, FECALES Y ESCHERICHIA COLI NO DEBEN SER DETECTABLES EN 100ml DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.



Licda. Vilma Leticia Ramos Lopez
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A6
Análisis de primer monitoreo del punto de muestreo 2 de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	48-2022
Identificación de la Muestra:	Entrada Planta de tratamiento	Fecha:	30/11/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:	.....	
Teléfono:	.....	

ANÁLISIS DE FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES No.236-2006 Límite Máximo Permissible
Sólidos suspendidos totales mg/l (1)	420	100
Material Flotante Presente/Ausente (1)	Presente	Ausente
Color Unidades Platino/Cobalto (2)	20000.00	500
Fósforo total mg/l (2)	3.8	30
Nitrógeno Total mg/l (2)	720	20
Arsénico mg/l (4)	0.001	0.1
Cianuro mg/l (2)	1.354	1
Cobre mg/l (4)	0.001	3
Cromo mg/l (2)	0.100	0.1
Plomo mg/l (4)	0.001	0.4
Zinc mg/l (4)	0.5	10
Demanda Biológica de Oxígeno mg/l (1)	320.00	250
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l (2)	4,880.00	---

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

** TCR: Temperatura del cuerpo receptor

Método:

- (1) Standard Methods For the examination of Water and Wastewater 21 St. Edition 2005
- (2) Método Spectrofotómetro UV-Vis DR 5000, Test. Al, NO2, NO3, Mg, SO4, Color.
- (3) Multiparámetro HQ 40D, pH, temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto.
- (4) Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO

Observaciones:

La muestra fue analizada a 25 grados Celsius

Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 agua para consumo humano.




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A7
Análisis de segundo monitoreo del punto de muestreo 1 de parámetros físicoquímicos a nivel de laboratorio

**LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	..... Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	48-2022
Identificación de la Muestra:	..... Entrada Planta de tratamiento	Fecha:	30/11/2022
Localización:	..... Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:			
Telefono:			

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
ESCHERICHIA COLI	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
COLIFORMES FECALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵

Método:

AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes Fecales y Escherichia coli en agua.

Tecnología de Substrato definido.

NMP: Número Más Probable

ml: milímetro

Observaciones:

SEGÚN LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA **COGUANOR NTG 29001** "AGUA PARA CONSUMO HUMANO".
LOS COLIFORMES TOTALES, FECALES Y ESCHERICHIA COLI NO DEBEN SER DETECTABLES EN 100ml
DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A8
Análisis de segundo monitoreo del punto de muestreo 1 de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	49-2022
Identificación de la Muestra:	Salida Planta de tratamiento	Fecha:	30/11/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:	.....	
Teléfono:	.....	

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS		RESULTADOS	REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES No.236-2006 Límite Máximo Permissible
Sólidos suspendidos totales	mg/l (1)	250	100
Material Flotante	Presente/Ausente (1)	Ausente	Ausente
Color	Unidades Platino/Cobalto (2)	190	500
Fósforo total	mg/l (2)	1.5	30
Nitrógeno Total	mg/l (2)	350	20
Arsénico	mg/l (4)	0.001	0.1
Cianuro	mg/l (2)	0.590	1
Cobre	mg/l (4)	0.001	3
Cromo	mg/l (2)	0.050	0.1
Plomo	mg/l (4)	0.001	0.4
Zinc	mg/l (4)	0.5	10
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg/l (1)	85.00	250
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/l (2)	150	---

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

** TCR: Temperatura del cuerpo receptor

Método:

(1) Standard Methods For the examination of Water and Wastewater 21 St. Edition 2005

(2) Método Spectrofotómetro UV-Vis DR 5000, Test. Al,NO2,NO3,Mg, SO4, Color.

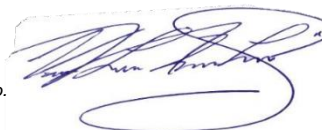
(3) Multiparámetro HQ 40D, pH, temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto.

(4) Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO

Observaciones:

La muestra fue analizada a 25 grados Celsius

Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 agua para consumo humano.




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A9
Análisis de segundo monitoreo del punto de muestreo 2 de parámetros físicoquímicos a nivel de laboratorio

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	49-2022
Identificación de la Muestra:	Salida Planta de tratamiento	Fecha:	30/11/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:			
Teléfono:			

ANÁLISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
ESCHERICHIA COLI	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
COLIFORMES FECALES	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵

Método:

AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes Fecales y Escherichia coli en agua. Tecnología de Substrato definido.

NMP: Número Más Probable

ml: milímetro

Observaciones:

SEGÚN LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA **COGUANOR NTG 29001** "AGUA PARA CONSUMO HUMANO". LOS COLIFORMES TOTALES, FECALES Y ESCHERICHIA COLI NO DEBEN SER DETECTABLES EN 100ml DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.



Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental



Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A10
Análisis de segundo monitoreo del punto de muestreo 2 de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	35-2022
Identificación de la Muestra:	Entrada Planta de tratamiento	Fecha:	3/10/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:	.....	
Teléfono:	.....	

ANÁLISIS DE FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES No.236-2006 Límite Máximo Permissible
Sólidos suspendidos totales mg/l (1)	380	100
Material Flotante Presente/Ausente (1)	Presente	Ausente
Color Unidades Platino/Cobalto (2)	19900.0	500
Fósforo total mg/l (2)	4.6	30
Nitrógeno Total mg/l (2)	980	20
Arsénico mg/l (4)	0.001	0.1
Cianuro mg/l (2)	1.580	1
Cobre mg/l (4)	0.001	3
Cromo mg/l (2)	0.100	0.1
Plomo mg/l (4)	0.001	0.4
Zinc mg/l (4)	0.5	10
Demanda Biológica de Oxígeno mg/l (1)	300.00	250
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l (2)	5,260.00	---

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

** TCR: Temperatura del cuerpo receptor

Método:

- (1) Standard Methods For the examination of Water and Wastewater 21 St. Edition 2005
- (2) Método Spectrofotómetro UV-Vis DR 5000, Test. Al, NO₂, NO₃, Mg, SO₄, Color.
- (3) Multiparámetro HQ 40D, pH, temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto.
- (4) Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO

Observaciones:

La muestra fue analizada a 25 grados Celsius




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A11
Análisis de tercer monitoreo del punto de muestreo 1 de parámetros físicoquímicos a nivel de laboratorio

**LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	..... Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	35-2022
Identificación de la Muestra:	..... Entrada Planta de tratamiento	Fecha:	3/10/2022
Localización:	..... Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:			
Teléfono:			

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
ESCHERICHIA COLI	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
COLIFORMES FECALES	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵

Método:

AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes Fecales y Escherichia coli en agua.

Tecnología de Substrato definido.

NMP: Número Más Probable

ml: milímetro




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A12
Análisis de tercer monitoreo del punto de muestreo 1 de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	36-2022
Identificación de la Muestra:	Salida Planta de tratamiento	Fecha:	3/10/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:	.....	
Teléfono:	.....	

ANÁLISIS DE FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES No.236-2006 Límite Máximo Permissible
Sólidos suspendidos totales mg/l (1)	280	100
Material Flotante Presente/Ausente (1)	Ausente	Ausente
Color Unidades Platino/Cobalto (2)	182	500
Fósforo total mg/l (2)	1.1	30
Nitrógeno Total mg/l (2)	229	20
Arsénico mg/l (4)	0.001	0.1
Cianuro mg/l (2)	0.049	1
Cobre mg/l (4)	0.001	3
Cromo mg/l (2)	0.020	0.1
Plomo mg/l (4)	0.001	0.4
Zinc mg/l (4)	0.5	10
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5 mg/l (1)	75.00	250
Demanda Química de Oxígeno DQO mg/l (2)	110	---

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

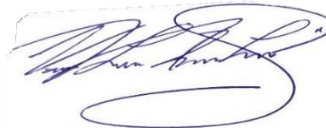
** TCR: Temperatura del cuerpo receptor

Método:

- (1) Standard Methods For the examination of Water and Wastewater 21 St. Edition 2005
- (2) Método Spectrofotómetro UV-Vis DR 5000, Test. Al, NO2, NO3, Mg, SO4, Color.
- (3) Multiparámetro HQ 40D, pH, temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto.
- (4) Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO

Observaciones:

La muestra fue analizada a 25 grados Celsius




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A13
Análisis de tercer monitoreo del punto de muestreo 2 de parámetros físicoquímicos a nivel de laboratorio

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula, Guatemala
POX. 00-502-78730300

Referido por:	Lis Elein Solis Guardado	No. Muestra:	36-2022
Identificación de la Muestra:	Salida Planta de tratamiento	Fecha:	3/10/2022
Localización:	Morales, Izabal		
Tipo de Fuente:	Planta de tratamiento de la Empresa Cartones de Guatemala S.A.		
Uso de Agua:			
Teléfono:			

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
ESCHERICHIA COLI	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵
COLIFORMES FECALES	Menor a 3.00 NMP/100 ml	1*10 ⁵

Método:

AOAC 17 ed. Método Oficial 991.15 Cap. 17.3.06 p 25. Coliformes Fecales y Escherichia coli en agua.

Tecnología de Substrato definido.

NMP: Número Más Probable

ml: milímetro




Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son válidos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Figura A14
Análisis de tercer monitoreo del punto de muestreo 2 de parámetros microbiológicos a nivel de laboratorio



Figura A15

Recolección de muestras de agua en la entrada y salida del sistema de tratamiento



Figura A16

Aplicación de reactivos para análisis de DBO en 5 días



Figura A17

Aumento de temperatura de los tubos de DQO en un termo reactor durante 2 horas

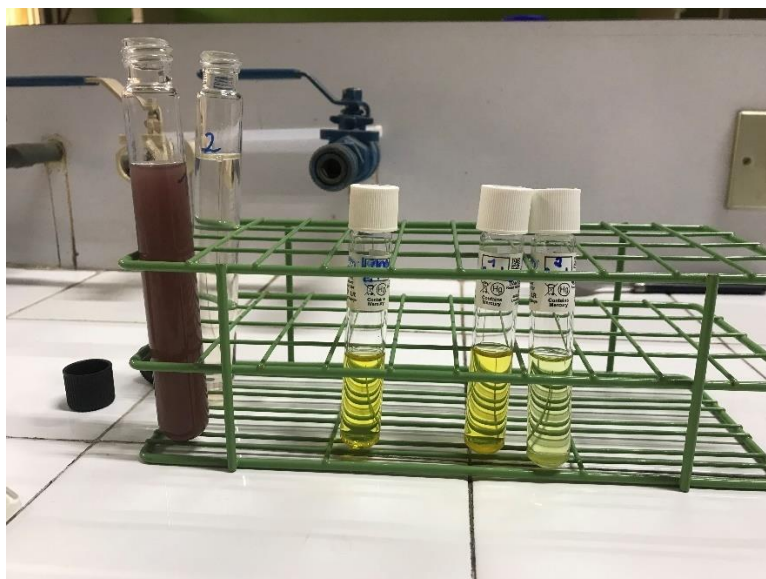


Figura A18

Tubos de DQO, producto del proceso de aumento

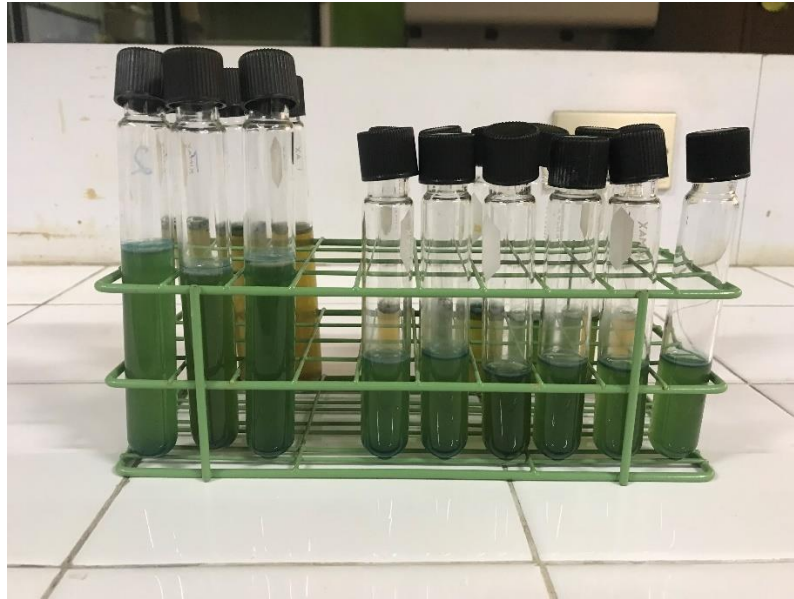


Figura A19
Análisis microbiológico a nivel de laboratorio

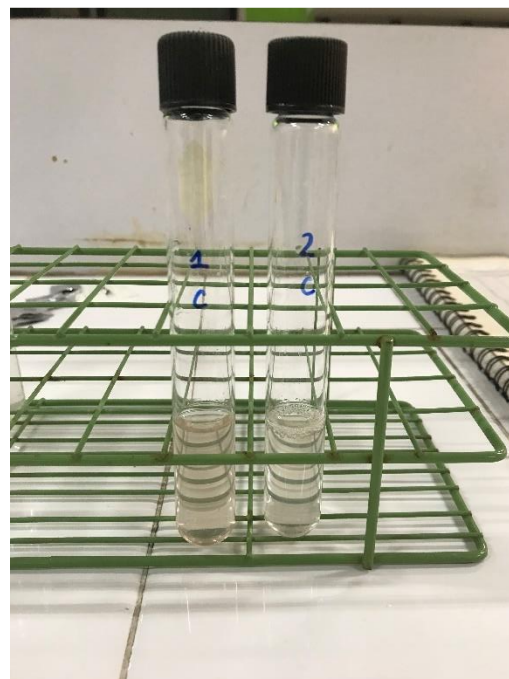


Figura A20
Análisis de cromo a nivel de laboratorio



Figura A21

Análisis de nitrógeno y fósforo total a nivel de laboratorio



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
BIBLIOTECA
“Lic. Zoot. Edgardo Guillén R.”



**CONSTANCIA DE RECEPCION DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN
DE**

ESTUDIANTE:

Lis Elein Solís Guardado

REGISTRO ACADÉMICO:

201543478

CARRERA:

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

CON EL TÍTULO:

*Evaluación de la eficiencia del sistema de
tratamiento de aguas residuales de la empresa Cartones de
Guatemala, S.A., ubicada en el municipio de Morales, Izabal,
Guatemala, 2022.*

La encargada de Biblioteca del Centro Universitario de Oriente, hace constar que se recibió de forma virtual el TRABAJO DE GRADUACIÓN descrito anteriormente, por lo cual se le extiende la presente, de acuerdo al Artículo 58.8, del Punto NOVENO, DEL ACTA 37-2020, del Consejo Directivo del Centro Universitario de Oriente.

Chiquimula, 28 de agosto de 2023.






f) _____