



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Plan de Investigación de Fin de Carrera Titulado:

**“REINGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EXTRACTORA EXTRANATU A
TRAVÉS DEL ESTUDIO DE LA PLANTA ACTUAL CON FINES DE
MEJORAMIENTO AMBIENTAL”**

Realizado por:

JOSELYN ELIZABETH ERAZO ESTUPIÑÁN

Director del proyecto:

ING. KATTY CORRAL MSc

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

AÑO

2018

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, JOSELYN ELIZABETH ERAZO ESTUPIÑAN, con cédula de identidad 172325649-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA Y CÉDULA
1723256499.

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**Reingeniería de la Planta de Tratamiento de aguas residuales industriales
de la Extractora Extranatu S.A.**

Realizado por:

JOSELYN ERAZO ESTUPIÑAN

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

KATTY CORAL CARRILLO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

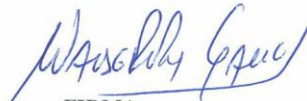
IVVONE CARRILLO

WALBERTO GALLEGOS

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, 22 de AGOSTO de 2018

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mis padres con todo el amor y cariño, por ser los pilares de mi formación como persona, ya que gracias a su sacrificio y esfuerzo me dieron la oportunidad de seguir esta hermosa carrera; a mis hermanos Daniela y Ramiro, por ser mi fuente de motivación y superación, y mi abuelita quien nunca dejo de creer en mi capacidad, brindándome su cariño, comprensión y amor en todo momento.

A la Ing. Katty Coral, Ing. Ivonne Carrillo e Ing. Wallberto Gallegos por su enseñanzas durante toda la carrera de Ingeniería Ambiental; las aportaciones y apoyo brindado para la realización y culminación de este proyecto.

Y por último a mis amigos y una persona en especial, quienes con sus palabras de aliento no dejaban decaer y me permitieron seguir adelante, cumpliendo con todos mis ideales.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a mi padre Ramiro Erazo por ser el mentor fundamental en mi vida y a la Ing. Katty Coral, por transmitirme sus conocimientos y las ganas de seguir preparándome y lograr importantes objetivos tanto en mi vida personal como profesional.

Gracias al apoyo de ustedes durante toda la carrera, me permiten culminar esta etapa importante de mi vida.

INDÍCE DE CONTENIDOS

Resumen.....	1
---------------------	----------

Abstract.....	2
----------------------	----------

CAPITULO I

1. Introducción.....	3
-----------------------------	----------

1.1.Descripción del Proyecto.....	3
--	----------

1.2.Antecedentes.....	5
------------------------------	----------

1.3.Importancia del Estudio.....	7
---	----------

1.4.Objetivos.....	8
---------------------------	----------

1.4.1. Objetivo General	
-------------------------	--

1.4.2. Objetivos Específicos	
------------------------------	--

1.5.Características del Sitio de Estudio.....	9
--	----------

CAPITULO II

2. Marco Teórico.....	13
------------------------------	-----------

2.1.Estudios Previos.....	13
----------------------------------	-----------

2.2. Marco Legal.....	15
------------------------------	-----------

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador 2008.....	15
---	----

2.2.2. Código Orgánico del Ambiente.....	16
--	----

2.2.3. Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	17
---	----

2.2.4. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.....	17
--	----

2.3.Marco Conceptual.....	18
2.3.1. Importancia de la Palma africana en el Ecuador.....	18
2.3.2. Proceso Agroindustrial.....	19
2.3.3. Contaminantes emitidos por la Industria de Extracción de Aceite de Palma.....	20
2.3.4. Características del Efluente de Palma Africana.....	21
2.3.4.1.Características físicas.....	21
2.3.4.2.Características Químicas.....	22
2.4.Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de la extractora Extranatu S.A.....	22
2.4.1. Diagnóstico del sistema de tratamiento de las aguas residuales.....	24
2.4.2. Pre-tratamiento.....	24
2.4.3. Laguna Aerobia.....	26
2.4.4. Laguna Facultativa.....	27
2.4.5. Laguna Anaerobia.....	29
2.5.Reingeniería.....	30

CAPITULO III

3. Metodología.....	31
3.1. Recolección de Información.....	31
3.1.1. Identificación del flujo de los efluentes y puntos de muestreo.....	31
3.1.2. Composición y Número de Muestras a Recolectar.....	33
3.1.3. Preservación y Transporte de las muestras.	35

3.2.Determinación de las Condiciones y Caracterización del Agua Residual del Sistema de tratamiento.....	35
3.2.1. Caudal.....	35
3.2.2. Tiempo de Retención Hidráulico (TRH)	36
3.2.3. Caracterización del Agua Residual.....	36
3.2.3.1.Materiales y Equipos.....	36
3.2.3.2. Parámetros In situ.....	37
3.2.3.3. Parámetros Ex situ.....	38

CAPITULO IV

4. Resultados.....	43
4.1.Identificación de Problemas en la PTAR.	43
4.1.1. Caracterización del efluente.	43
4.1.2. Indicadores ambientales en comparación con la Normativa Ambiental vigente.	44
4.2.Medidas correctivas planteadas a la planta de Tratamiento.....	45
4.2.1. Diseño de la planta.....	49
4.2.1.1.Cuantificación de Caudales y Tiempo de Retención Hidráulica.	49
4.3.Resultados de Análisis de Parámetros físicos y químicos de las piscinas del tratamiento de aguas residuales luego de plantear medidas correctivas.....	52
4.3.1. Parámetros Físicos.....	53
4.3.2. Parámetros Químicos.....	56

4.4.Discusión de Resultados.....	59
 CAPITULO V	
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	62
5.1.Conclusiones.....	62
5.2.Recomendaciones.....	64
 CAPITULO VI	
6. Referencias Bibliográficas.....	66
ANEXOS.....	68
 INDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Extractora Extranatu S.A.....	9
Figura 2. Ubicación de la Extractora Extranatu S.A.....	10
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de palma africana.....	18
Figura 4. Exportaciones de Aceite de Palma por Destino.....	19
Figura 5. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Extranatu S.A.	24
Figura 6. Trampa grasa de Extranatu S.A.	25
Figura 7. Tanque Florentino de Extranatu S.A.	26
Figura 8. Piscina1. Fase Anaerobia.....	27

Figura 9. Esquema de la fase Facultativa.....	28
Figura 10. Diagrama Del Tratamiento de aguas residuales de Extranatu S.A.	32
Figura 11. Presencia de grasas y aceite en piscina 2.	46
Figura 12. Diagrama de efecto Venturi.	48
Figura 13. Presencia de malezas y lodo en piscina 5.	49
Figura 14. Variación de temperatura dentro de la PTAR.....	53
Figura 15. Variación de pH dentro de la PTAR.....	54
Figura 16. Variación de sólidos suspendidos dentro de la PTAR.....	55
Figura 17. Variación de sólidos disueltos dentro de la PTAR.....	55
Figura 18. Variación de sólidos sedimentables dentro de la PTAR.....	56
Figura 19. Variación de DQO dentro de la PTAR.....	57
Figura 20. Variación de DBO ₅ dentro de la PTAR.....	58
Figura 21. Variación de Aceites y Grasas dentro de la PTAR.....	58
Figura 22. Aceites y grasas presente en P2 y P3.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la ubicación de la Extractora Extranatu S.A.....	10
--	----

Tabla 2. Monitoreo de Agua del mes Julio 2017 en comparación con la normativa de descargas a cuerpo de agua dulce.....	14.
Tabla 3. Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	18
Tabla 4. Características Físicas del Efluente de Palma Africana.....	21
Tabla 5. Características Químicas del Efluente de Palma Africana.....	22
Tabla 6. Características de las Piscinas en la Fase Facultativa.....	29
Tabla 7. Puntos de Monitoreo.	32
Tabla 8. Recolección de las Muestras.	34
Tabla 9. Materiales y Equipos para Caracterización del Agua residual.....	36
Tabla 10. Parámetros In Situ.....	37
Tabla 11. Caracterización del efluente.....	43
Tabla 12. Indicadores ambientales y límites permisibles de descarga.....	44
Tabla 13. Cantidad de fruta procesada desde el mes de enero a junio.....	50
Tabla 14. Caudal del agua residual de la extracción de aceite de palma.....	51
Tabla 15. Tiempo de Retención Hidráulica de las piscinas de oxidación.	52
Tabla 16. Reducción de DQO en las Fases de la PTAR.....	57

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Volumen de la Muestra.	34
Ecuación 2. Caudal del agua residual.....	35
Ecuación 3. Tiempo de Retención Hidráulica.....	36
Ecuación 4. Solidos Suspendidos.....	38
Ecuación 5. Solidos Disueltos.....	39
Ecuación 6. Determinación de DBO_5	41
Ecuación 7. Aceites y Grasas.....	42

Resumen

La extracción de aceite de palma africana a nivel agroindustrial es una de las actividades de mayor impacto ambiental negativo, al generar grandes volúmenes de aguas residuales con alta carga orgánica, por lo que se ha visto la necesidad de implementar de un sistema que permita el tratamiento de estas aguas residuales (efluente), para poder descargarlas a un cuerpo de agua receptor. La extractora Extranatu S.A. cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), basada en piscinas de oxidación, la cual no trabaja de forma adecuada; por lo que este estudio evaluó de forma integral la planta actual, identificando los principales problemas y planteando prontas soluciones a partir de una metodología comprendida en la recolección de información, caracterización fisicoquímica del agua residual, cálculo de indicadores ambientales, identificación de problemas y la aplicación de alternativas ambientales eficaces para la mejora de la misma, mediante la medición y evaluación de parámetros como temperatura, pH, sólidos, DQO, DBO₅, y aceites y grasas, junto con la identificación de caudales y tiempo de retención hidráulica, se planteó una reingeniería que comprende: la dosificación de bacterias en piscina anaeróbica, recirculación de agua entre piscinas para mejorar la calidad de la misma, implementación de equipo para la oxigenación de agua residual final, evacuación de lodos del sistema, control de pérdidas de aceite en el proceso, remoción de aceites y grasas en florentinos, recubrimiento con geomembrana en piscinas aerobias y el tiempo de retención hidráulica; para que permita un adecuado funcionamiento de la PTAR al evaluar los parámetros con la normativa ambiental vigente.

Palabras claves: lagunas de oxidación, agua residual, reingeniería, PTAR

Abstract

The extraction of African palm oil at the agro-industrial level is one of the activities with the greatest environmental impact, at least with the necessity for the creation of a system that allows the treatment of this wastewater (effluent), in order to discharge them to a body of water. Extranatu extractor S.A., have a wastewater treatment plant (WWTP), based on oxidation pools, which does not work properly; therefore, this study evaluated the integral form of the real plant, identifying the main problems and proposing the solutions of a methodology included in the collection of information, physicochemical characterization of wastewater, calculation of environmental indicators, identification of problems and the application of alternatives for the improvement of temperature, pH, solids, COD, BOD5, and oils and fats, along with the identification of hydraulic retention time and the effluent flow. For this reason, was proposed a reengineering that includes: the addition of bacteria in the anaerobic pool, the recirculation of water between the pool to raise the pH, the implementation of the equipment for the oxygenation of the final residual water, the evacuation of sludge from the system, the oil control of the oil in the process and the removal of oils and fats in Florentine, so that it allows an adequate operation of the WWTP when evaluating the parameters with the environmental regulation.

Key words: lagoons of oxidation, residual water, reengineering, WWTP

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1.Descripción del Proyecto

La palma africana conocida como *Elais Guinnensis*, es una planta oleaginosa, de cuya semilla o fruto se puede extraer aceite rojo de uso comestible o industrial. Esta planta está conformada por racimos, compuestos de frutos que se utilizan como materia prima para el proceso; y del raquis denominado como un desecho que últimamente se lo está empleando como abono en las plantaciones de la misma palma (Balboa, 2015).

Debido a su desarrollo y la demanda que tiene el aceite rojo de palma africana, este sector se ha convertido en uno de los más importantes, ubicándolo al aceite de palma como el séptimo producto agrícola de exportación en el país, para ello es indispensable la construcción de extractoras las cuales van a realizar el proceso de la extracción del aceite (Sanchez, 2012).

Según el CENSO NACIONAL PALMERO 2017, en la provincia de Esmeraldas existen 36 extractoras dedicadas a este trabajo, una de ellas es la extractora Extranatu S.A, que se encuentra ubicada en la parroquia de Viche al km 3 de la vía Esmeraldas-Viche. La misma que pertenece a la corporación Natural Habitat, quienes se enfocan en el cultivo y producción de palma africana orgánica, debido a que no utilizan ningún tipo de químicos o pesticidas en sus procesos, desde el cultivo de la palma hasta la extracción del aceite.

Para poder realizar la extracción del aceite, el racimo de fruta fresca (RFF), debe pasar por algunas etapas comenzando desde la recepción de los racimos hasta la obtención del producto final, que es el aceite crudos, por lo que es indispensable la utilización de agua para realizar dicho proceso, dando como resultado un residuo líquido contaminado, denominado industrialmente como agua residual o efluente.

Este efluente tendrá, como resultado del proceso productivo características contaminantes en comparación con el agua cruda que entra al proceso, como por ejemplo poseer una cantidad significativa de materia orgánica, altas temperaturas, pH ácido, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, lodos, y aceites y grasas; que al ser descargadas a un cuerpo de agua receptor, sin tratamiento previo, causando un impacto ambiental negativo.

Por tal motivo Extranatu S.A, por su responsabilidad con el ambiente, cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), comúnmente utilizada en la industria palmera y de bajo costo, conformada por piscinas de oxigenación ubicadas estratégicamente, con un diseño que permite tratar y degradar la materia orgánica presente en el agua residual.

La PTAR de Extranatu S.A, debido a la falta de mantenimiento, presenta a la administración dudas acerca de la eficiencia de la misma, por lo que surge la inquietud de que el sistema no está trabajando adecuadamente, siendo necesario su evaluación y de ser necesario su adecuación.

Consecuentemente se realizó un estudio integral a partir de la toma de muestras de aguas de la PTAR actual, mediante una metodología en campo y laboratorio, comprendida en cuatro fases, que son la recolección de información, análisis de laboratorio, la identificación de falencias del sistema, y la propuesta de medidas correctivas junto con una reingeniería para que la planta funcione de forma adecuada y así obtener un agua residual que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente.

1.2.Antecedentes

En Ecuador en el año de 1953 se introdujo la primera planta de palma africana en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, posteriormente esta se extendió a lo largo de las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas y Sucumbíos, esto gracias a que estas zonas poseen condiciones climatológicas favorables para el crecimiento de la misma (Sanchez, 2012). Desde entonces Esmeraldas lidera la producción cubriendo una superficie del 45,28% del territorio total obteniéndose una extracción de aceite rojo de 1.567,371 Toneladas Métricas (TM) anuales (Fedepal, 2016).

Extranatu S.A. creada en el año 2009 aporta con una extracción de 800 toneladas de aceite rojo, del cual el 70% es exportado a Rotterdam (Países Bajos) para su posterior refinación, y el restante 30% es enviado a la planta refinadora de “La Fabril” (Manta, Ecuador), donde continua su procesamiento hasta la fabricación de numerosos productos alimenticios entre los que se encuentran: aceite de palma ligeramente refinado, oleína de palma, estearina de palma, entre otros (Natural Habitat, 2015).

Para la obtención del aceite, la extractora cuenta con una producción de 200 toneladas de racimos de fruta fresca al día (TRFF/día), y un horario de producción de dos turnos de ocho horas laborables de martes a sábado. Al realizar la extracción se requiere de aproximadamente 1m^3 de agua por cada TRFF a procesar, dando como residuo un efluente, con una temperatura de 50 a 80 °C, un pH de 4.7, DQO de 50 000 mg/L, solidos de 40,500 mg/L, y aceites y grasas de 4000 mg/L; los que hace indispensable realizar un tratamiento al agua residual resultante del proceso (Extranatu S.A, 2018).

La PTAR de Extranatu S.A. fue creada en el año 2013 debido a la responsabilidad ambiental de la empresa por querer tratar sus aguas residuales, consta de sistema de tratamiento, que está dividido en cinco lagunas de estabilización, las cuales se dividen en una anaeróbica, tres facultativas y una aeróbica, aparte de una trampa grasa y un florentino, que sirven de soporte al tratamiento. La PTAR como tal se encarga de la remoción de materia orgánica, así como la disminución de temperatura, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, aceites y grasas; y el incremento de pH, para que cumpla con la normativa ambiental al momento de ser descargados al cuerpo de agua receptor.

Pero debido a diferentes problemas, como la falta de mantenimiento y descuido por parte de la administración de la extractora, se han desencadenado problemas dentro de la planta y hacia la comunidad localizada cerca a la extractora, ya que existe un cauce de agua principal que atraviesa la empresa, denominado estero Chaupara, el cual está dividido en tres partes. El Chaupara 1 que atraviesa la carretera y la empresa, este se une con el Chaupara 2, que está aledaño a una finca ganadera y por último el Chaupara 3. Estos tres se unen 200 metros aguas abajo de la extractora y desembocan al río Esmeraldas.

Desde años anteriores la extractora ha tenido una serie de problemas en cuanto a demandas por parte de los moradores del recinto Chaupara, los que alegan contaminación del estero del cual se benefician, afectando no solo a su derecho a la salud, sino también de los derechos a la naturaleza. Mediante una investigación por parte de la Defensoría del Pueblo y el Gobierno Autónomo de la provincia de Esmeraldas (GADPE), se determinó que existe daño ambiental pero también la predisposición de la empresa para reparar y remediar el daño causado.

A pesar de los problemas con la comunidad y la extractora, no se ha realizado un estudio integral de la PTAR y mucho menos se le ha dado la importancia que esta tiene. Por lo que esta

investigación se centró en el seguimiento del funcionamiento de la misma, basándose en la normativa ambiental vigente, donde se mencionan los límites máximos permisibles de descarga de los diferentes parámetros de contaminación a un cuerpo de agua dulce, que en este caso corresponde al estero Chaupara.

1.3.Importancia del Estudio

La industria palmera, como toda industria a nivel mundial, provoca alteraciones a los recursos naturales, debido a que se ubican principalmente en centros rurales donde se encuentra la mayor parte de ecosistemas, de los cuales pequeñas comunidades que habitan en estos centros hacen uso de estos recursos, qué al ser alterados desencadenan inconformidades en los habitantes y problemas en el ambiente.

Al ser una extractora que se encuentra completamente comprometida con el cumplimiento de todos los requisitos ambientales que dicta la ley, así como los procedimientos de buenas prácticas aplicables, y al generar impactos tanto en aire, suelo y agua como la sobreexplotación de suelos, deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas, emisión de partículas al aire y gases de efecto invernadero, su objetivo es ir minimizando sus impactos, iniciando con el tratamiento de efluentes con sustancias contaminantes, al ser una de las más agresivas, razón por lo cual se planteó este estudio.

Debido a las alteraciones y la poca disponibilidad hídrica conjuntamente con el crecimiento poblacional en el sector Chaupara, se han desencadenado una serie de conflictos entre la comunidad Chaupara y Extranatu S.A., los cuales tienden a agravarse si no se toman las medidas necesarias, a través de mecanismos de estudios, normativas y leyes que permitan la protección tanto del ambiente, y permita trabajar a la empresa en concordancia con la comunidad.

Para ello se ha visto la necesidad de realizar el presente estudio integral, basado en información y estudios anteriores, así como, mediante monitoreos y análisis de laboratorio, que permita conocer la situación actual de los parámetros que evacua la planta, y proponer una reingeniería como solución al mal funcionamiento de la PTAR actual, con el fin de lograr disminuir los contaminantes presentes en los efluentes y de esta forma reducir cualquier impacto que se pueda generar.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar la reingeniería de la Planta de Tratamiento de aguas residuales industriales de la Extractora Extranatu S.A. a través del estudio de la planta actual con fines de mejoramiento ambiental.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Verificar los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales de la Extractora Extranatu S.A. a través del estudio de los procesos actuales para la identificación de problemas en el tratamiento.
- Evaluar los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales de la Extractora Extranatu S.A., utilizando la normativa ambiental vigente con fines mejoramiento.
- Establecer medidas correctivas a la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la Extractora Extranatu S.A., que permitan el correcto funcionamiento de la planta sin causar un impacto ambiental.

1.5.Características del Sitio de Estudio

Extranatu S.A. se encuentra localizada en la provincia de Esmeraldas, cantón Viche, parroquia Majua, en el km 3 de la vía Viche-Esmeraldas, con un clima tropical cálido, y temperatura de mínimo 25°C y máximo 32°C. Limita con la comunidad Chaupara, conformada por alrededor de 25 personas, por otra parte con dos propiedades, la primera una finca de sembríos de cacao y la otra una hacienda dedicada a la ganadería, y por último con una escuela a la que acuden los niños de la comunidad.

La extractora se estableció en el año 2009, dedicándose desde el inicio de sus actividades, a ofrecer un aceite crudo de palma de calidad, con una certificación orgánica, sostenible y de comercio justo. El producto consta de un único ingrediente obtenido por mecanismos mecánicos de extracción, sin el uso de ningún tipo de químicos, siendo los racimos de fruta de fuentes orgánicas certificadas como materia prima del proceso (Extranatu S.A., 2018).



Figura 1. Extractora Extranatu S.A.

Fuente: Erazo, 2018

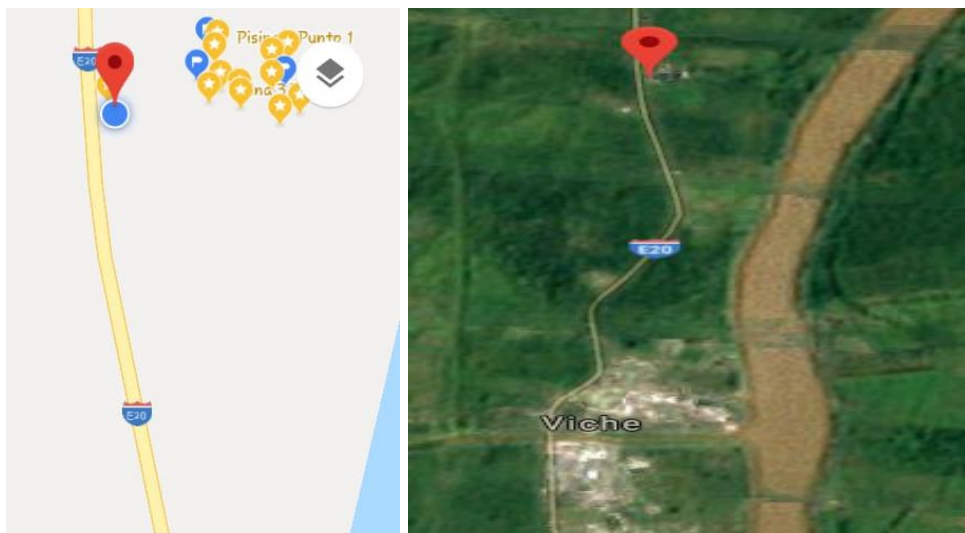


Figura 2. Ubicación de la Extractora Extranatu S.A.

Fuente: Google Earth, 2018

Tabla 1. Coordenadas geográficas de la ubicación de la Extractora Extranatu S.A.

Coordenadas UTM	0°40'40.5"N 79°32'24.9"W
-----------------	--------------------------

La extractora se dedica a la extracción de aceite rojo de palma africana, el mismo que para su obtención debe pasar por procesos entre los cuales están:

Recepción de la fruta: luego de ser cosechada es enviada a centros de acopio o pistas, para ser inspeccionada y pasar el control de calidad, requisito para obtener un producto final en buena calidad. (Lalangui, 2015a)

Esterilización:, que es un tipo de cocción de la fruta, la cual consiste en transportar los racimos, previamente inspeccionados, hacia autoclaves mediante canastas que llevan de una a 11,5 toneladas de fruta, y que trabajan a baja presión de vapor, normalmente a tres bares y temperatura entre 125°C a 145°C. De esta manera se acelera el proceso de ablandamiento entre el raquis y la tuza, además facilita el desgrane de la fruta de los racimos y ablanda el pericarpio para el proceso

de extracción de aceite. En este proceso se generan condensados con alto contenido de materia orgánica (Lalangui, 2015).

Desfrutado: donde se separa la fruta esterilizada del racimo por medio de un pelador mecánico que se compone de un tambor rotatorio, donde caen los racimos adentro del mismo y los frutos por gravedad y por rotación son removidos gracias a una fuerza centrífuga. En este proceso no se utiliza agua, sin embargo, la fruta llega con humedad del esterilizador (Lalangui, 2015).

Digestión: En el digestor la fruta separada y esterilizada llega a un proceso de digestión que se da al calentar la fruta usando vapor a temperatura de 50 a 70°C, en este procedimiento, se dispone a la fruta para la extracción del aceite, en el cual se prepara el fruto para el proceso de prensado, aparte se rompe la nuez para extracción de aceite de palmiste (Guerrero, 2015).

Prensado: se aplica agua con la finalidad de lavar la fibra y extraer el aceite con mayor eficiencia, en esta parte se forma una colada de masa aceitosa, integrada por piel del fruto, mesocarpio, fibras, almendras, aparte de lodo y agua. De este proceso se generan dos descargas; sólidos que son las fibras y nueces, mientras que el líquido que es la colada compuesta de aceite-agua-lodo (Guerrero, 2015)

Clarificación del aceite: que consiste en adicionar agua caliente al aceite primario obtenido durante la extracción, esto es para poder obtener un aceite sin impurezas que pueda ser refinado y destinarlo a los diferentes usos. Cabe recalcar que EXTRANATU no realiza este proceso pero es importante tomarlo en cuenta para estudios posteriores (Sarmiento & Perez, 2017) .

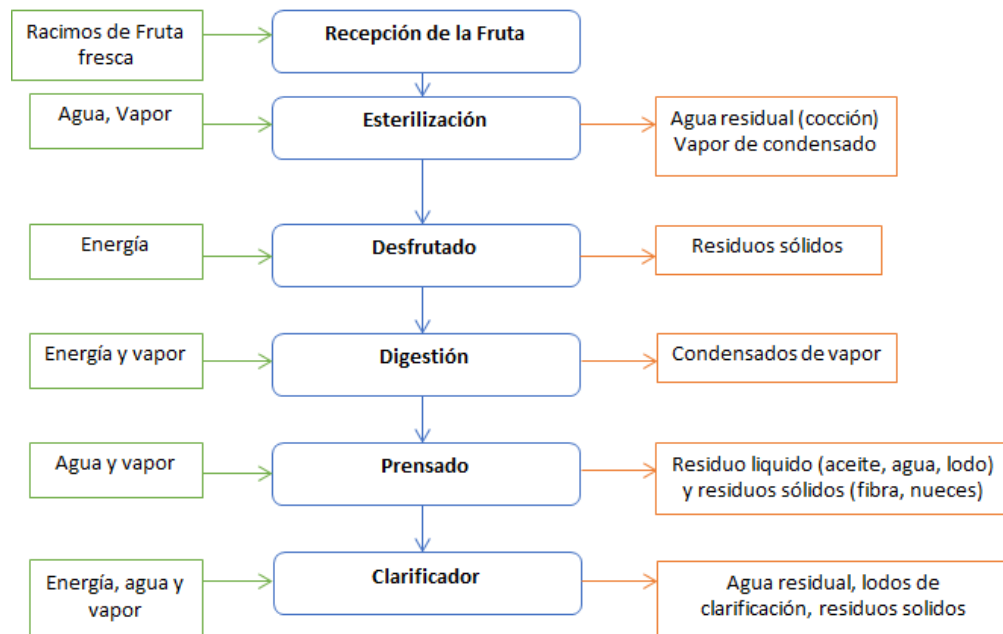


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de palma africana

Elaborado por: Ministerio del Ambiente, 2012

Anualmente se procesan alrededor de 48000 toneladas de fruta, en un horario de producción de martes a sábado con dos turnos de ocho horas laborables, y en temporadas de invierno, debido a las altas precipitaciones, con dos turnos de 12 horas.

La extractora cuenta con sesenta empleados en total, dentro de los cuales diez y seis se encuentran en el área de producción, cinco en laboratorio y treinta y cinco cumplen funciones administrativas como auditores, financieros, coordinadores, entre otros.

CAPITULO II

2. Marco Teórico

2.1. Estudios Previos

Debido a la progresiva importancia que ha alcanzado el cultivo de palma africana y extracción del aceite rojo, se ha enfatizado aparte del valor monetario, en la generación de impactos ambientales como son la modificación y composición de suelos, alteración a cauces hídricos, disminución de la flora y fauna, entre otras (Basantes, 2015).

Es por ello, que en la actualidad esta industria se enfrenta a nuevos retos ambientales, en donde se deben cumplir con la legislación ambiental vigente frente a la Autoridad competente. Además de estar continuamente informado, ya que se expiden directrices y disposiciones de gestión ambiental, siendo más rígidas en cuanto a concentraciones permisibles de emisión de contaminantes hacia el medio natural, creando la necesidad en las empresas de desarrollar políticas ambientales que identifiquen el impacto generado, junto con medidas preventivas y correctivas en caso de ser necesario, las cuales ayuden a un desempeño ambiental correcto (Sánchez, 2011).

Dado a que la PTAR que existe en Extranatu S.A. no descarga su agua residual final del tratamiento, debido que al ser una planta relativamente nueva aún cuentan con el espacio para tratar y almacenar volúmenes de agua residual en las piscinas construidas por medio año más de producción. La administración de la extractora no ha visto la necesidad de realizar controles periódicos aparte de los exigidos para la renovación de la licencia ambiental.

La empresa cuenta con un monitoreo realizado el mes de julio del año 2017, en la piscina anaerobia (P1) y la piscina aerobia (P5), es decir al inicio y final del proceso, con el fin de establecer la eficiencia del sistema; adicionalmente se ha realizado análisis en el estero Chaupara, cien metros aguas arriba del estero, cien metros aguas abajo del estero, y en el río Esmeraldas, para comprobar que no exista ninguna alteración, fuga o contaminación por parte de la planta de tratamiento de la extractora.

Los parámetros que se analizaron en estos estudios previos fueron temperatura, pH, sólidos totales, aceites y grasas, y Demanda Química de Oxígeno (DQO), obteniéndose los resultados de la Tabla 2, mediante un muestreo puntual, realizados por parte del laboratorio de ensayos GRUNTEC Environmental Services, acreditados ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), los cuales son los establecidos en los estudios realizados por el MAE (2013), el cual reflejan los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidades de diferentes sectores productivos del Ecuador (CIUU 1040- Industria de Aceite de Palma).

Tabla 2. Monitoreo de Agua del mes Julio 2017 en comparación con la normativa de descargas a cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Piscina 1 Ingreso PTAR	Piscina 5 Salida PTAR	Chaupara 3	100 aguas arriba Chaupara 3	100 aguas abajo Chaupara 3	Río Esmeraldas	Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce
Temperatura	23.3	23.1	23.5	23.7	23.9	23.0	Condición natural (25°C) ± 3
pH	4.7	8.1	7.1	7.2	7.0	7.2	6 a 9
Sólidos Totales	5550	4141	461	517	335	343	1 600
Aceites y Grasas	210	4.3	0.8	0.8	0.6	<0.3	30
DQO	2705*	165	15	14	4	<2	200

Elaborado: Erazo, 2018

En la Tabla 2, refleja los parámetros evaluados, realizados en la salida de la piscina 5 (salida de la PTAR), en los cuales se observa que la temperatura, pH, DQO, y aceites y grasas, comprando con los límites permisibles, cumplen con los parámetros; a excepción de sólidos totales, sobre los que se tomará medidas. Por otra parte no existe una contaminación o alteración hacia los cuerpos de agua. Sin embargo un año después de estos resultados, en el mes de Abril del 2018, se presentó una denuncia por parte de la comunidad Chaupara, por incumplimiento de las medidas ambientales de la extractora Extranatu S.A., en donde se alega una contaminación al estero Chaupara, por el desbordamiento de la piscina 2.

Inmediatamente, al ser notificada la empresa, se aplicó el Plan de Acción Emergente aprobado por el Ministerio de Ambiente, MAE, en el cual se comprobó que el derrame causado tuvo una inmediata acción que no permitió que avanzara el impacto, aparte de la aplicación de planes de remediación que mitiguen el impacto causado.

Es aquí donde surge la presente investigación, con el afán de determinar la situación actual de la planta mediante un estudio integral de la misma, que permita plantear medidas o soluciones, que logren un funcionamiento adecuado y cumpliendo con las medidas ambientales vigentes.

2.2.Marco Legal

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador 2008

TITULO II DERECHOS

Capítulo segundo - Derechos del buen vivir

Sección Segunda, Ambiente sano

Art. 14. y Art. 15, dicta que el Estado reconoce el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, mediante el uso de tecnologías ambientalmente limpias donde no afecte el derecho o calidad al agua

Capítulo séptimo – Derechos de la Naturaleza

Desde al **Art. 71** hasta el **Art. 74.-** dicta el derecho que tiene la naturaleza a ser respetada y mantener los ciclos vitales; en caso de algún impacto grave, o la introducción de material orgánico, se deberá establecer mecanismos eficaces y medidas adecuadas que permitan eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas, ya que personas, comunidades y pueblos se beneficiaran de un ambiente sano que les permita el buen vivir.

TITULO VII REGIMEN DEL BUEN VIVIR

Sección Sexta- Agua

Art. 411 y Art. 412.- El cual regula toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, así como el equilibrio de los ecosistemas, el cual estará regulada por la autoridad a cargo para que garantice un manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.2.2. Código Orgánico del Ambiente

Registro Oficial Suplemento N° 983 de 12 de abril de 2017

Art. 25.- Gobiernos Autónomos Descentralizados. En el marco del Sistema Nacional de Competencias y del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en todos sus niveles, ejercerán las competencias en materia ambiental asignadas de conformidad con la Constitución y la ley. Para efectos de la acreditación estarán sujetos al control y seguimiento de la Autoridad Ambiental Nacional.

En el **Art. 191**, del Monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo, las instituciones competentes deberán generar información sobre la contaminación a cuerpos hídricos y alternativas para su reducción. Así como lo establecido en el **Art. 201**, en donde se establecen un control y seguimiento ambiental por medio de monitoreos, muestreos, auditorias, etc; el cual se aplicara al impacto que se genere.

2.2.3. Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

Registro Oficial Suplemento N° 316, Edición Especial del 04 de mayo del 2015

En la Capitulo VIII de la Calidad de los componentes Bióticos y Abióticos, Art. 208. Dicta las alteraciones del estado natural debido a actividades antrópicas;

y en el Párrafo I Sección del Agua, **Art. 2010**. Prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles establecidos

2.2.4. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes

Registro Oficial Suplemento N° 387, Edición Especial del 04 de noviembre del 2015

Se aplicara la norma para establecer los parámetros con los límites permisibles en cuanto a descargas hacia un cuerpo de agua dulce, designados en la Tabla 2.2., para aplicarlos a caudales mínimos y cargas contaminantes futuras. La carga máxima permisible que deberá cumplir el sujeto de control será determinada mediante balance de masa del parámetro en consideración. La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

Tabla 3. Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

Parámetros	Expresadas como	Unidad	Límite
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/L	30,0
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	200
Potencial hidrógeno	pH		6-9
Sólidos suspendidos	SST	mg/L	130
Sólidos totales	ST	mg/L	1600
Temperatura		°C	Condición natural ± 3

Fuente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes. Tabla 9. (2015)

Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, según lo establecido en el MAE (CIUU 1040- Industria de Aceite de Palma), deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

2.3.Marco Conceptual

2.3.1. Importancia de la Palma africana en el Ecuador

El sector palmicultor se ha establecido como uno de los sectores potencialmente económicos más importantes aparte del petróleo, ya que en el periodo comprendido entre el 2010 al 2016 se incrementó al 4% del producto interno bruto (PIB) agrícola del Ecuador, colocándose como una de las industrias más dinámicas (Sanchez, 2012).

Gracias a esto, actualmente se lo considera el séptimo producto agrícola de utilidad y exportación a nivel nacional. En los últimos cinco años, el 40% del aceite de palma producido se consumió internamente, mientras que el 60% fue exportado a países como Colombia en primer lugar, Venezuela, Holanda, Estados Unidos, entre otros; ya sea como aceite crudo y como productos semi-elaborados y elaborados, generando un aproximado de USD\$ 271 millones en divisas de

exportación, contribuyendo así de forma positiva al equilibrio de la balanza comercial del país.

(SECTOR PALMICULTOR ECUATORIANO, 2017)

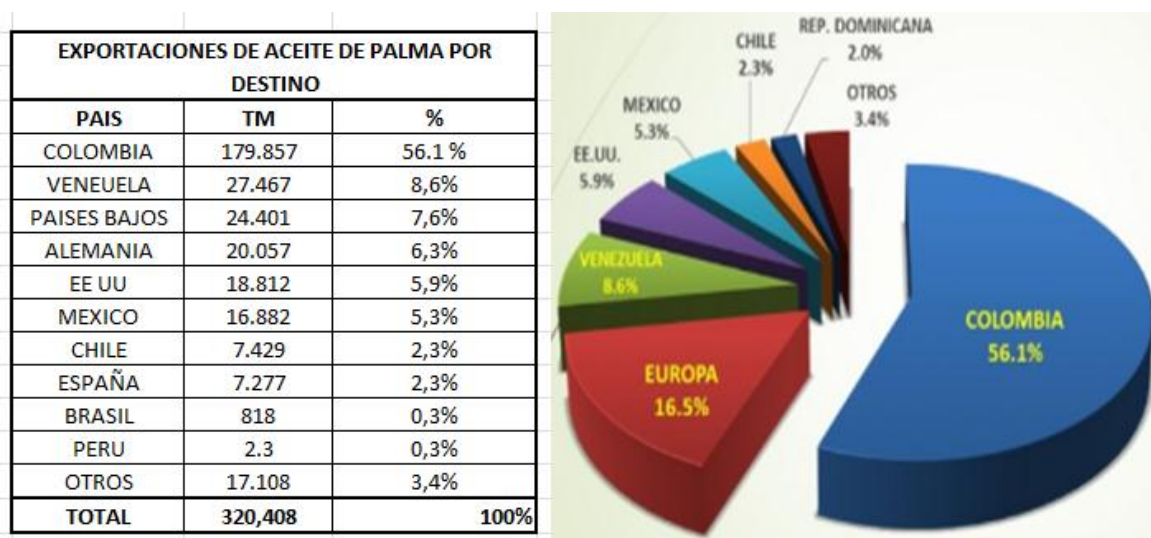


Figura 4. Exportaciones de Aceite de Palma por Destino

Fuente: FEDEPALMA, 2017

2.3.2. Proceso Agroindustrial

La palma africana es considerada como un cultivo perenne de uso comercial, con un periodo de cosecha tardío, pero de largo rendimiento, ya que su vida productiva dura más de 24 a 28 años, durante ese tiempo los frutos oleaginosos pueden alcanzar producciones de 4,2 toneladas durante toda su vida productiva. Tomando en cuenta las condiciones óptimas tanto como suelo, clima, nutrición, sanidad y administración, se puede llegar a las 600 toneladas acumuladas de fruta por cada hectárea, con una extracción de 2,520 toneladas aproximadamente (Sarmiento & Perez, 2017).

En su mayoría, los usos que se le da al aceite de palma son culinarios ya sea como aceite de freír o como producto añadido a otros alimentos como las margarinas, derivados de aceite de cacao, jabones, etc. En algunos países como Colombia es utilizado como materia prima en la producción

de biodiesel, y para producción de alimento animal, sobre todo de terneros, por su alto aporte energético por ración (Sarmiento & Perez, 2017).

2.3.3. Contaminantes emitidos por la Industria de Extracción de Aceite de Palma

Uno de los principales residuos provenientes de la extractora, y motivo de estudio es el agua residual industrial, la Real Academia Española (RAE, 2005) lo define como un fluido procedente de una instalación industrial, el cual después de haber pasado por todos los procesos cambia sus características físicas, químicas y biológicas alterando la pureza de la misma.

En cuanto a la extractora de aceite de palma, Extranatu S.A., esta requiere de 1m^3 de agua para procesar una tonelada de racimo de fruta fresca (TRFF). Tomando en cuenta la producción diaria de 200 toneladas de racimo de fruta fresca (RFF), son 200 m^3 de efluente.

Para dar una idea de la contaminación que puede causar el descargar este volumen con las características que tiene, Basantes (2015) establece que una extractora que produce 120 toneladas RFF al día, puede contaminar una población de 180.000 habitantes.

Con las características contaminantes que presenta este efluente, las cuales son altas temperaturas, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, un pH ácido y la cantidad de materia orgánica, que se puede medir por medio de la DQO Y DBO_5 ; y realizando una comparación, el agua residual doméstica, que cuenta con un aproximado de 500 y 250 mg/L de DQO y DBO_5 respectivamente, la extracción de aceite de palma africana se encuentra en valores de 79 730 mg/L para la DQO y 48 833 mg/L para DBO_5 ; siendo significativa la cantidad de materia orgánica presente en el efluente grave (Sarmiento & Perez, 2017).

A pesar de esto, cabe recalcar que este tipo de procesos no utilizan compuestos tóxicos ni metales pesados los cuales pueden causar un tipo de contaminación aún más grave (Sarmiento & Perez, 2017).

2.3.4. Características del Efluente de Palma Africana

Es importante conocer su composición y clasificarlos mediante parámetros físicos y químicos, que permitan que una vez en la Planta de Tratamiento, se puedan aplicar métodos para su eficaz remoción.

2.3.4.1. Características físicas

Se consideran características físicas a aquellas que son más visibles a la percepción humana.

Entre las principales son:

Tabla 4. Características Físicas del Efluente de Palma Africana en la salida de la centrífuga.

Parámetro	Unidad	Rango
Sólidos Suspendidos	mg/L	19.129 – 88.258
Sólidos Disueltos	mg/L	5.150 – 13.074
Sólidos Sedimentables	mg/L	0 – 1.000
Temperatura	°C	53 – 77

Fuente: Centipalma, 2013

Todos los Sólidos presentes son debido a las características que tiene el fruto, el cual contiene un cierto porcentaje de lodo, que al entrar al proceso en el prensado, se forma una masa homogénea con lodo en su mayoría, y aceites, que son separados posteriormente en la centrífuga.

Al igual que la temperatura alta que se debe a que el proceso requiere de altas presiones y vapor de agua para poder realizar la extracción. Por otra parte existen parámetros como la DQO, DBO₅ y olor fuerte, que son el resultado de la materia orgánica presente.

2.3.4.2. Características Químicas

Se pueden clasificar como características químicas a un cierto tipo de contaminación por medio de materiales orgánicos e inorgánicos por la digestión de la materia orgánica (Cenipalma, 2013).

Entre ellos tenemos:

Tabla 5. Características Químicas del Efluente de Palma Africana en la salida de la centrífuga

Características	Parámetro	Unidad	Rango
Materia Orgánica	DQO	mg/L	45.200 – 230.000
	DBO ₅	mg/L	18.700 – 175.530
Materia Inorgánica	pH		3.87 – 5.25
	Aceites y Grasas	mg/L	5.400 – 19.420

Fuente: Centipalma, 2013

La DQO Y DBO₅, son considerados los parámetros de mayor importancia, ya que contienen toda la materia orgánica presente en el agua residual, que es el principal contaminante; a parte del pH que no puede ser muy ácido, ni una cantidad excesiva de aceite porque interfiere en el proceso de remoción (Guerrero, 2015).

2.4. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de la extractora Extranatu.

Extranatu S.A. en el 2013 construyó su planta de tratamiento de aguas residuales con la finalidad de tratar el agua residual proveniente del proceso de extracción de aceite de palma. Esta fue diseñada de tal forma que cuente con un sistema de tratamiento que permita la eliminación parcial y total de ciertos parámetros característicos del mismo, para así poder ser descargada al estero Chaupara, cumpliendo los límites permisibles, sin embargo hasta el momento no se ha iniciado con la descarga en vista al volumen de captación del que disponen las piscinas.

La PTAR está conformada por piscinas de oxidación, que se las puede definir como lugares de almacenamiento de aguas residuales con volúmenes altos y de poca profundidad, ubicadas en terrenos abiertos al aire libre para que el agua residual pase por un proceso natural pero controlado de oxidación, pues normalmente las industrias de este tipo cuentan con el espacio suficiente para su construcción, siendo su objetivo principal la remoción de la materia orgánica y eliminación de organismos patógenos presentes, causante de daños en la salud humana.

Es por ello, que en el tratamiento intervienen mecanismos de purificación complejos, en conjunto con procesos como sedimentación, digestión, oxidación, fotosíntesis, intercambio de gases, evaporación, aireación y filtración; gracias a estos se garantiza una remoción superior al 95% de materia orgánica (Cenipalma, 2013).

Este tipo de piscinas, al contener cierta cantidad de oxígeno, se clasifican en aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, que son etapas o fases por las que debe pasar el agua residual con ayuda de un pretratamiento. Las mismas que se encuentran ubicadas de forma estratégica, adicionalmente, antes de que el agua residual entre a la PTAR, se han eliminado, en su mayoría, grasas flotantes y espumas, ya que es un tipo de materia que no permite que se lleve a cabo el proceso biológico anaeróbico, de igual forma se controla el ingreso de algún tipo de residuo sólido como restos de basura, raquis, hojas, piedras, ya que producen estancamientos en procesos posteriores.

2.4.1. Diagnóstico del sistema de tratamiento de las aguas residuales.

Esta PTAR tiene alrededor de 5 años de funcionamiento, con la ventaja de que aún no se ha descargado el agua residual del final del tratamiento al estero Chaupara, pero debido a la falta de mantenimiento, presenta problemas en las distintas fases, pudiéndose aplicar medidas correctivas que prevengan los daños que el efluente pueda causar al ambiente.

En primera instancia se cuenta con un pretratamiento, conformado por una trampa grasa y un tanque florentino, la PTAR tiene cinco piscinas de oxidación, con una capacidad total de 22400 m³ en total.

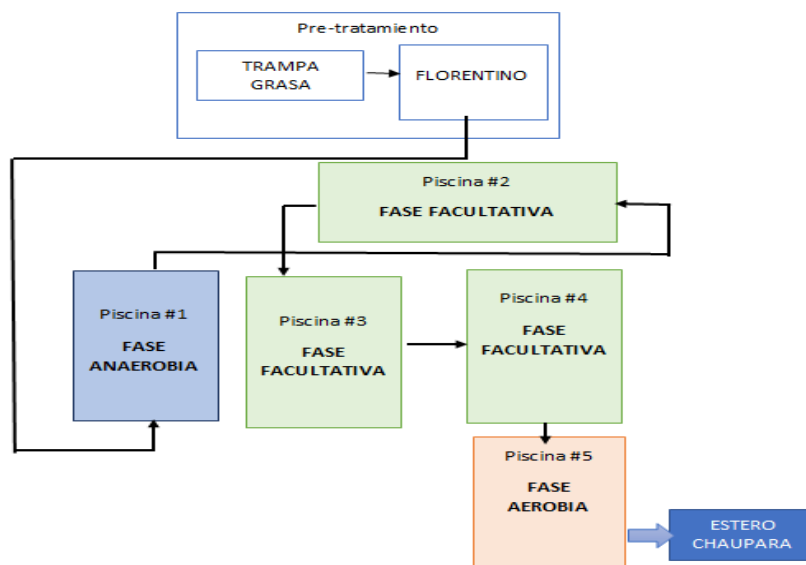


Figura 5. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Extranatu S.A.

Elaboración: Erazo, 2018

2.4.2. Pretratamiento

El agua residual proveniente de los procesos de esterilización y principalmente de la clarificación, es transportada por medio de canales primero hacia una trampa grasa de 18m³ dividida en tres compartimientos, la cual sirve para captar el aceite que se escapa del proceso. Esto se da por la diferencia de densidades tanto del agua como del aceite, siendo recuperados

manualmente o por rebose. Este tratamiento, adicionalmente ayuda a bajar la temperatura del agua residual.



Figura 6. Trampa grasa de Extranatu S.A.

Fuente: Erazo, abril 2018

Después, por medio de una bomba, pasa el agua residual a los tanques florentinos que sirven para remover en lo posible materiales sedimentables, evitando el desgaste de tuberías y bombas, y de esta forma retener la mayor cantidad de sólidos para que no entren a la PTAR. De igual forma este tanque permite recolectar los restos de aceite que se escapan de la trampa grasa; todo este aceite es captado y almacenando en pequeños tanques de forma manual, aceite que será destinado posteriormente a su venta. El motivo por lo que este aceite no se lo retorna al proceso es porque su acidez es tan alta que alteraría la calidad del aceite extraído.

El tanque florentino tiene 7,20 m de largo, 2,44 m de alto y 3,60 m de ancho, con un cono en la parte inferior de 2 m de largo y 0,90 m de alto, el cual permitir la captación de lodos, y en la parte superior el aceite.



Figura 7. Tanque Florentino de Extranatu S.A.

Fuente: Erazo, abril 2018

El agua en este pre-tratamiento permanece alrededor de 48 horas, dividiéndose en 24 horas tanto en trampa grasa como florentino. Cabe recalcar que este equipamiento no ha recibido ningún tipo de mantenimiento, y mucho menos una evacuación de lodos, por lo que estos interfieren en la separación de las grasas del agua residual.

2.4.3. Lagunas Anaeróbicas

Una vez finalizado el pretratamiento, el agua residual pasa por una torre de enfriamiento e ingresa a la piscina 1, encargada de cumplir la fase anaerobia, donde se realiza un tratamiento biológico, que consiste en la digestión de la materia orgánica por medio de acción metabólica que cumplen las bacterias anaerobias (mesófilas).

Estas bacterias ayudan a descomponer compuestos orgánicos más complejos a compuestos más sencillos, para luego formar ácidos, que en condiciones óptimas de pH (6,6 a 7,5) y temperatura menor a 30°C, convertirán los ácidos en metano y dióxido de carbono. En caso de que el pH sea menor a 6,5 se dificulta, siendo casi imposible, la degradación de la materia orgánica, produciendo ácido sulfhídrico y malos olores (Morillo, 2012).

La piscina 1 cuenta con una capacidad de 9500m^3 , siendo la más grande de la PTAR, y presenta aparición de burbujas evidenciándose la liberación de los gases, el resultado óptimo de esta piscina sería una degradación de DQO del 85% según lo recomendado en la literatura (Barbosa, 2006).



Figura 8. Piscina1. Fase Anaerobia

Elaborado: Erazo, 2018

La piscina presenta una capa de lodos sedimentados de un metro de altura, al igual que una capa superficial de lodos ligeros de 20 cm de altura, pudiendo llegar a su colmatación; por otro lado se ha evidenciado espuma, burbujas y natas procedentes de la degradación de las bacterias.

Cabe recalcar que se encuentra recubierta por geomembrana, la cual permite que no exista filtración del agua residual de esta piscina al suelo.

2.4.4. Lagunas Facultativas

Los efluentes, luego pasan la fase facultativa, la cual está compuesta por tres piscinas (2, 3 y 4), que cumplen funciones de remover la materia orgánica restante que sale de la fase anaeróbica.

Las piscinas facultativas son un tipo de sistema de tratamiento biológico natural que lleva procesos de oxidación, sedimentación, hidrólisis, fotosíntesis, nitrificación, digestión anaerobia y

transferencia de oxígeno. Esto se realiza por medio de dos estratos, una capa superior aerobia y otra inferior anaerobia, con una capa intermedia que tiene características mixtas (Barbosa, 2006).

En la capa superior donde se mantienen condiciones aerobias, se da el proceso de fotosíntesis, gracias a la acción de la luz solar, viento y temperatura, lo cual ayudará al crecimiento bacterial, que aprovecha el oxígeno y degrada la materia orgánica produciendo CO_2 .

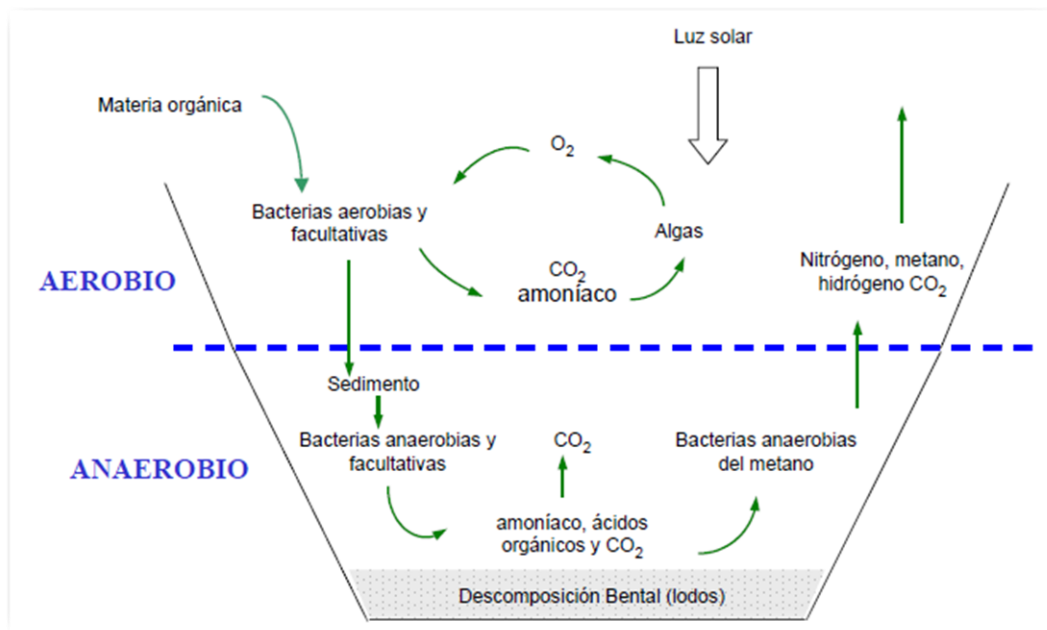


Figura 9. Esquema de la fase Facultativa

Elaborado: (Barbosa, 2006)

En esta fase se debe remover alrededor del 75% del DQO que quedó del tratamiento anterior, según lo establecido en estudios anteriores (Barbosa, 2006), y fueron diseñadas para tratar cargas orgánicas altas y remover en su totalidad organismos patógenos. Esta etapa está conformada por tres piscinas divididas en:

Tabla 6. Características de las Piscinas en la Fase Facultativa

Piscina	Dimensión m	Capacidad m³	Lodos Sedimentables metros de altura	Características
Piscina 2	41x15x4,4	3000	1,1	Con geomembrana
Piscina 3	50x17x4	3400	1,3	Con geomembrana
Piscina 4	90x19x2,8	4800	0,80	Con geomembrana
Total		11 200		

Elaborado: Erazo, 2018

Cada una de las piscinas presenta cantidades de lodos significativos y a parte de un difícil acceso a las mismas, debido a que se encontraban obstaculizadas por malezas presentes alrededor de cada una, dificultando su control y mantenimiento, de igual forma disminuyendo el tiempo de retención hidráulica que va a tener la piscina.

En cuanto a la geomembrana que cubre estas piscinas se encuentra en buen estado, ya que al ser una planta relativamente nueva, y tomando el tiempo de vida de la geomembrana que son 25 años, aún cumplen con su función de no permitir la filtración del agua residual de esta.

2.4.5. Lagunas Aeróbicas

El último tratamiento por el que debe pasar el agua residual es por la fase aerobia, en la que se produce la degradación restante de la materia orgánica por medio de bacterias aerobias que consumen el oxígeno fotosintéticamente producido por las algas.

Está conformada por la piscina 5, se recomienda que sean poco profundas, por lo que tiene una capacidad de 1700 m³. Pero a diferencia de las otras piscinas esta no se encuentra recubierta por geomembrana. No se ha aplicado ningún tipo de oxigenación ni evacuación de lodos.

2.5. Reingeniería.

Desde el punto de vista industrial, se considera como reingeniería al rediseño rápido y radical de los procesos, en este caso en la planta de tratamiento de aguas residuales de EXTRANATU, para optimizar el flujo de agua que va a ser descargado (Manganelli, 1995). En otras palabras es un tipo de corrección que se implanta en los procesos o lugar específico con el fin de maximizar el rendimiento de la PTAR.

En este caso la directiva de la extractora y quienes estén encargados de velar por el buen funcionamiento de la PTAR deberán abandonar principios, procedimientos organizacionales y operacionales que actualmente utilizan, y crear otros completamente nuevos, mediante la creación de una visión y objetivos nuevos, establecer metas y prioridades, identificar problemas en las piscinas y cuales son necesarias rediseñar o implementar, utilizar tecnología apropiada, y reunir al personal encargado y capacitarlos dependiendo el trabajo que van a realizar (Morillo, 2012).

CAPITULO III

3. Metodología

3.1.Recolección de Información.

La iniciativa de este proyecto nace de la necesidad de plantear prontas y eficaces soluciones a la planta de tratamiento, para lo cual se recopiló información de artículos científicos, así como la apertura por parte de la Gerencia para el ingreso a las instalaciones, acceso a documentación y entrevistas realizadas al personal operativo, con la finalidad de obtener información real de las actividades y la situación de la PTAR. En esta fase se realizaron las siguientes actividades

3.1.1. Identificación del flujo de los efluentes y puntos de muestreo

Una vez recolectada toda la información, se prepararon los materiales de trabajo como equipos, recipientes para recolección de muestras, formatos, registros, listas, etc. Los cuales deberían estar debidamente seleccionados y calibrados para su buen funcionamiento.

En las primeras semanas se realizaron visitas a la empresa para ejecutar un seguimiento detallado del muestreo que se iba a realizar, la accesibilidad al lugar y al almacenamiento y transporte de las muestra a los laboratorios de la UISEK.

Para tener claro donde se realizaría el muestreo se elaboró un diagrama de flujo de los efluentes, en el mismo se puede determinar el recorrido que realiza el agua residual antes de entrar a la planta de tratamiento y su descarga final al estero Chaupara.

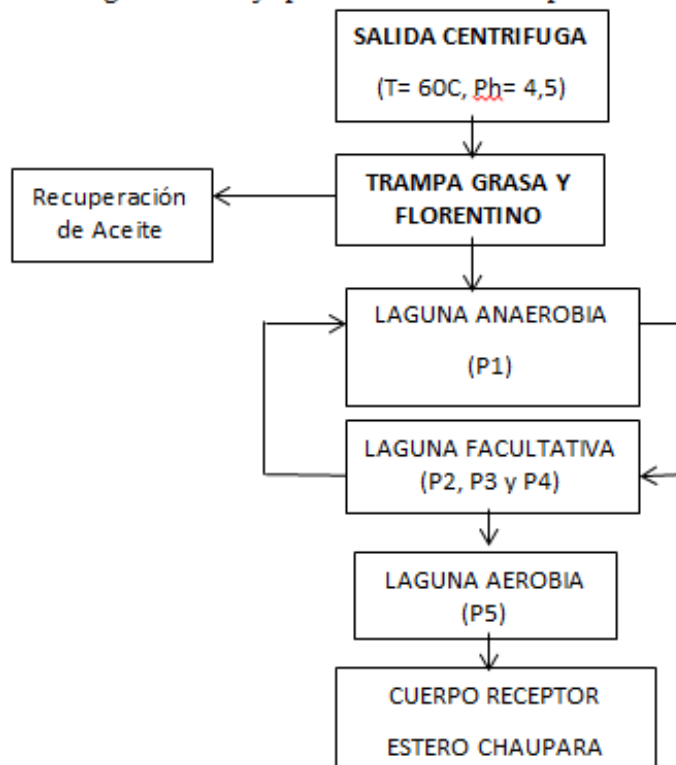


Figura 10. Diagrama Del Tratamiento de aguas residuales de Extranatu S.A.

Elaborado: Erazo, 2018

Mediante el recorrido que realiza el agua residual desde la salida, pretratamiento, entrada a la PTAR y su descarga final, se determinó la necesidad de establecer puntos de monitoreo los cuales son:

Tabla 7. Puntos de Monitoreo

Puntos de Monitoreo	Coordenadas	Lugar	Fase
P- 01	0°40'40.5"N 79°32'23,5"W	Salida Centrifuga	Proceso
P- 02	0°40'40.4"N 79°32'24.94"W	Salida Florentinos	Pre-tratamiento PTAR
P- 03	0°40'40.6"N 79°32'24.97"W	Salida Piscina 1	Fase anaeróbica
P- 04	0°40'40.6"N 79°32'25.13"W	Salida Piscina 2	Fase Facultativa
P- 05	0°40'40.7"N 79°32'25.25"W	Salida Piscina 3	Fase Facultativa
P- 06	0°40'40.7"N 79°32'24.97W	Salida Piscina 4	Fase Facultativa
P- 07	0°40'40.6"N 79°32'25.30"W	Salida Piscina 5	Fase Aerobia

Fuente: Erazo, 2018

3.1.2. Composición y Número de Muestras a Recolectar

Para la realización del muestreo, se verificó que la planta esté operando al 100% y en los puntos previamente establecidos y de forma manual se recolectó la muestra, para lo que uno de los requisitos fue la utilización de equipos de protección personal (EPP) como:

- Mascarilla de filtro de carbono
- Guantes
- Gafas de seguridad
- Botas de caucho
- Guantes de nitrilo

Los equipos utilizados en campo son:

- Cooler
- Envases plásticos de 2 litros
- Cuaderno de campo y esfero
- Registros

El tipo de muestreo fue compuesto, que es el más recomendado porque permite una composición real, debido a que el agua residual varía a lo largo del tiempo. Esto se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos (DINAMA, 2009).

Las muestras se recogieron en intervalos de tiempos precisados de acuerdo a los cambios presentados en la extractora. Para conformarla, el volumen de las muestras simples fue proporcional al caudal de descarga en el momento de su toma, utilizando la siguiente Ecuación 1:

$$Vi = \frac{V \times Qi}{n \times Qp}$$

Ecuación 1. Volumen de la Muestra.

Fuente: (DINAMA, 2009)

Dónde:

Vi = Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V = Volumen total a componer (pueden ser 2 L),

Qi = Caudal instantáneo de cada muestra

Qp = Caudal promedio durante el muestreo

n = Número de muestras tomadas

De esta forma se pudo obtener la cantidad de muestras simples para la composición integral de la muestra.

Se obtuvieron cinco muestras en el día, tomando en cuenta el inicio de la producción hasta finalizar el día, se definió idóneo realizar el monitoreo al medio día, en donde la producción está al tope con un lapso de una hora, recolectando 400 mL los días viernes durante un mes. (NTE INEN 2169)

Tabla 8. Recolección de las Muestras.

Fecha	Hora /Alícuota					Total
	12:00 pm	1:00 pm	2:00pm	3:00 pm	4:00 pm	
15/06/18	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	2 Litros
22/06/18	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	2 Litros
29/06/18	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	2 Litros
06/07/18	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	2 Litros

Fecha	Hora /Alícuota					Total
	12:00 pm	1:00 pm	2:00pm	3:00 pm	4:00 pm	
13/07/18	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	400 mL	2 Litros

Elaborado: Erazo, 2018

3.1.3. Preservación y Transporte de las muestras

Una vez realizados los cálculos y la obtención de las muestras, estas fueron colocadas en un termo refrigerante con hielo y selladas para evitar la contaminación de las mismas, facilitando el traslado a la ciudad de Quito, al laboratorio de la Universidad Internacional SEK, donde se depositaron en un refrigerador adaptado a 4°C de temperatura.

3.2. Determinación de las Condiciones y Caracterización del Agua Residual del Sistema de tratamiento

3.2.1. Caudal

Para calcular el caudal que sale del proceso de la extracción de aceite, se utilizó la Ecuación 2. planteada por Gómez (1999), aplicadas principalmente para industrias dedicadas a este proceso.

$$Q = Cp \times Hp \times R$$

Ecuación 2. Caudal del agua residual

Fuente: Gómez, 1999

Dónde:

Q = Caudal aplicado (m³/día)

Cp = Capacidad máxima de procesamiento de la planta (TRFF/h)

Hp = Horas de procesamiento en máxima producción de la extractora (h/día)

R = Relación de agua producida por fruto procesado (m³/TRFF)

Una vez aplicado el cálculo, se pudo conocer la cantidad de flujo y el volumen de ingreso al tratamiento.

3.2.2. Tiempo de Residencia Hidráulico (TRH)

Se denomina TRH, a la relación que existe entre el volumen total y el caudal de cada uno de los sistemas de tratamiento, esto se realizó mediante la Ecuación 3.

$$TRH = \frac{V_t}{Q}$$

Ecuación 3. Tiempo de Residencia Hidráulica

Fuente: Gomez, 1999

Dónde:

TRH= Tiempo de retención hidráulica

V_t = Volumen total

Q = Caudal

3.3.Caracterización del Agua Residual

3.3.1. Materiales y Equipos

A continuación se detallan los equipos y reactivos utilizados para la caracterización del agua residual en la investigación.

Tabla 9. Materiales y Equipos para Caracterización del Agua residual

Parámetro	Materiales	Reactivos	Equipo
pH			Medidor de pH
Temperatura			Termómetro de mercurio, Termómetro digital
DQO	Gradilla, pipeta volumétrica, viales con	agua destilada,	Reactor

Parámetro	Materiales	Reactivos	Equipo
	reactivo, tubos de digestión.		
DBO₅	Vaso de precipitación, botella winckler, embudo, matraz	Solución tampón fosfato, solución sulfato de magnesio, solución cloruro férrico	Incubadora y Multiparámetros
Aceites y Grasas	Erlenmeyer, matraz, equipo de extracción Soxhlet, papel filtro, balanza analítica, y termómetro.	Hexano	Estufa eléctrica,
Sólidos Sedimentables	Cono hinhoff y soporte.		
Sólidos Disueltos	Papel filtro, balanza analítica		Estufa
Sólidos Suspendidos	vaso de precipitación, balanza analítica		Estufa,

Elaborado: Erazo, 2018

3.3.2. Parámetros In Situ

Son aquellos que se pueden analizar en el lugar donde se recolecta la muestra

Tabla 10. Parámetros In Situ

Parámetro	Método	Procedimiento
Temperatura	Método 2250 B	Medir directamente sobre el cuerpo de agua mediante un termómetro digital y de mercurio para contrarrestar y obtener datos más exactos
Potencial hidrógeno (pH)	Método 10301	Se calibra el equipo mediante un enjuague con agua destilada en la sonda, hasta su estabilización. Luego una vez obtenida el agua residual de los diferentes puntos de muestreo, homogenizar la muestra y colocarla en un vaso de precipitación de 250 mL, introducir la sonda en el mismo hasta que arroje el

Parámetro	Método	Procedimiento
		valor registrar el valor de pH,

3.3.3. Parámetros Ex situ

Estos parámetros por su procedimiento analítico se deberán realizar en un laboratorio con equipos adecuados para obtener resultados deseados, como los disponibles en la UISEK.

- **Sólidos Suspendidos**

El procedimiento siguiendo el Standard Methods 2280 B, consiste en recolectar una muestra de 100 mL, colocar en el embudo con papel filtro cualitativo previamente secado a 105°C en una estufa por 20 minutos y pesado. Se colocar la muestra y se deja filtrar. Una vez filtrada toda la muestra, retirar el papel cualitativo con los sólidos, y se dispone en la estufa a 105°C por 24 horas, se retira y, dejar enfriar para su posterior pesado.

Para la determinación de los sólidos se debe utilizar la Ecuación 4.

$$S = \frac{(Pf2 - Pf1) \times 1000}{\text{Volumen Total}}$$

Ecuación 4. Sólidos Suspendidos

Fuente: Standard Methods 2013

Dónde:

SS= Sólidos Suspendidos

Pf2= Peso del papel cualitativo más el residuo seco a 105°C por 24 horas en mg

Pf1= Peso del papel cualitativo seco a 105°C por 20 minutos en mg

V= Volumen de la muestra (100mL)

- **Sólidos Disueltos**

Son aquellos residuos resultantes luego de la evaporación y secado de la muestra en una estufa a 105°C. Y se lo realizó una vez filtrada la muestra para determinar sólidos suspendido, se coloca el residuo medido en una probeta y luego a los crisoles, previamente secados en la estufa, dejándolos secar por 24 horas, secar y pesar .

Los resultados obtenidos se calcularon utilizando la Ecuación 5:

$$SD = \frac{(Pc2 - Pc1) \times 1000}{\text{Volumen Total}}$$

Ecuación 5. Sólidos Disueltos

Fuente: Fuente: Standard Methods, 2013

Dónde:

SD= Sólidos Disueltos

Pc2= Peso del crisol más el residuo seco a 105°C por 24 horas en mg

Pc1= Peso del crisol seco a 105°C por 2 horas en mg

V= Volumen de la muestra en mL

- **Sólidos Sedimentables**

Constituidos como materiales que sedimentan de una suspensión en un periodo de tiempo definido. Se coloca 1000mL de muestra mezclada en el cono Imhoff, dejando 45 minutos de sedimentación, luego se raspa las paredes del cono con una varilla de vidrio para desprender las partículas adheridas y se deja sedimentar por 15 minutos más, a continuación se lee el volumen sedimentado en escala de mL/L a los 60 minutos de iniciado el ensayo (Standard Methods. pp 2-57)

Constituyentes orgánico

- **DQO**

La demanda química de oxígeno (DQO) es la medida de oxígeno equivalente a la materia orgánica e inorgánica susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte en condiciones específicas de temperatura y tiempo (Cenipalma, 2013).

Para ello se utiliza el método 800 HACH, donde se coloca los tubo reactivo para rango alto (0 a 15000), y completar con 20 mL de muestra previamente diluida. Se introducen los tubos en un reactor a 105°C por dos horas, se deja enfriar y se los coloca en el espectofotómetro, la absorbancia de la muestra reflejada se traduce en concentración en mg de oxígeno consumido/L.

- **DBO₅**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada, mediante el método HACH 8043.

Se prepara el agua de dilución. Se coloca en un balón aforado de 1000mL cada una de las soluciones nutrientes, un mL de tampón fosfato, cloruro de calcio, cloruro férrico y sulfato de magnesio. Se colocaron 500 mL de muestra y se aireó junto con el agua de dilución por 20 minutos, con el multiparámetros se procedió a medir el oxígeno disuelto, se tomaron entre 15mL y 45 mL y con el agua de dilución se completó el resto de la botella. Los frascos winckler así preparados se ingresaron a la incubadora con una temperatura constante de 20+/- 2 °C y luego se retiraron las botellas luego de 5 días de digestión, a continuación se precedió a determinar el contenido de oxígeno disuelto y registrar su promedio.

Para la determinación de los cálculos, se utilizó la Ecuación 6.

$$DBO_5 = \frac{(OD_i - OD_f) \times V}{T}$$

Ecuación 6. Determinación de DBO₅

Fuente: HACH Methods, 2000

Dónde:

OD_i = concentración de oxígeno disuelto inicial (medido luego de la dilución)

OD_f = concentración de oxígeno disuelto final

V = capacidad de la botella de DBO, (300 mL)

T = mL de muestra tomados para la dilución

- **Aceites y Grasas**

Se considera a cualquier material recuperado de la muestra, como una sustancia soluble en éter de petróleo durante el ensayo, mediante método 5520 D del Standard Methods.

Se tomó una muestra de 500mL la que se filtró con ayuda de una bomba al vacío para agilizar el proceso, una vez retenida la muestra en el papel filtro se realizó la extracción en un equipo Soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo (hexano). La ganancia de peso en el frasco de extracción previamente pesado luego de ser evaporado el solvente, corresponde al contenido real de aceites y grasas presentes en la muestra. Para ello se utilizó la Ecuación 7.

$$AG = (p_2 - p_1) \times 1000 V$$

Ecuación 7. Aceites y Grasas

Fuente: Standard Methods, 2013

Dónde:

p_1 = peso del matraz previo a la extracción (mg)

p_2 = peso del matraz luego de la extracción (mg).

V = volumen de muestra filtrado en mL.

CAPITULO IV

4. Resultados

4.1. Identificación de Problemas en la PTAR

Los principales problemas identificados en la planta de tratamiento se dieron a partir del Plan de Manejo Ambiental que tiene la extractora, así como una evaluación integral de la misma, a partir de la caracterización del efluente y el análisis de las piscinas de oxidación, mediante parámetros que reflejen la situación de la planta, así como cálculos de diseño de la planta. Estos resultados permitieron plantear medidas correctivas o un rediseño de la planta, en caso de ser necesario, para un óptimo rendimiento de la misma.

4.1.1. Caracterización del efluente.

El agua residual que sale después del proceso de extracción de aceite de palma fue analizada a la salida del proceso de centrifugación, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 11. Caracterización del efluente.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH		4,51
Temperatura	°C	52,1
DBO5	mg/L	48,800
DQO	mg/L	73,000
Sólidos Suspendidos	mg/L	35,000
Sólidos Disueltos	mg/L	9,000
Sólidos Sedimentables	mg/L	500
Aceites y Grasas	mg/L	10,000

Elaborado: Erazo, 2018

4.1.2. Indicadores ambientales y comparación de datos con la normativa ambiental vigente.

Los indicadores ambientales se lo consideran un parámetro claro y sencillo, que brinde información para presentar fenómenos que tengan que ver con el medio ambiente; por ello es una herramienta de información útil (Sánchez, 2011).

En este caso, al ser el estudio un agua residual con características fisicoquímicas agresivas, se tomaron como indicadores los parámetros establecidos en la Tabla 12, con un monitoreo de un mes; de tal forma que se pueda comprar con los límites permisibles que dicta la normativa ambiental vigente.

Tabla 12. Parámetros del inicio y fin del tratamiento y límites permisibles de descarga

PARAMETRO	UNIDAD	RANGO	RESULTADO al inicio del tratamiento	RESULTADO al final del tratamiento	Límites permisibles según la Normativa	Cumple	no cumple
pH		3,87 - 5,25	4,51	7,92	6 a 9	X	
Temperatura	°C	53 – 77	52,1	26,4	Condición natural ± 3	X	
DBO5	mg/L	18,700 - 175,530	48800	1800	100		X
DQO	mg/L	45,200 - 230,000	73000	375	200		X
Sólidos Suspendidos	mg/L	19,129 - 88,258	35000	640	130		X
Sólidos Disueltos	mg/L	5,150 - 13,074	9000	980	N/A	N/A	N/A
Sólidos Sedimentables	mg/L	0 - 1000	500	0,03	0,1		X
Aceites y Grasas	mg/L	5,400 - 19,420	10000	4,3	30	X	

Se observa que los parámetros obtenidos como el DBO₅, DQO y sólidos suspendidos, no cumplen con los límites permisibles de descarga establecidos en la normativa, por lo que se espera que una vez aplicadas las medias correctivas planteadas se logre disminuir cada uno de ellos y así descargarla al estero Chaupara, caso contrario se estará produciendo un impacto ambiental negativo e incumplimiento legal.

4.2. Medidas Correctivas planteadas a la planta de Tratamiento.

Identificados los principales problemas dentro de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Extranatu S.A. se vio la necesidad de plantear acciones que permitan eliminar la causa del problema, encontrándose los más relevantes en la fase anaerobia (P1) y facultativa (P2 y P3), mismos que son detallados a continuación:

Dentro de la piscina 1, gracias al monitoreo realizado el año 2017, se obtuvo un pH de 4.7, siendo nada óptimo para el crecimiento bacteriano, por otra parte se observó que existía olor desagradable relativo al ácido sulfúrico (H₂S), por lo que se propuso un aislamiento total de la piscina y tratarla para mejorar su rendimiento. Para ello se incrementó su actividad microbiana mediante la neutralización de pH, ya que una vez realizado esto se crea un medio óptimo para el crecimiento bacteriano dentro de la piscina.

Una vez aislada la piscina se añadieron 600 sacos de cal viva y realizaban cargas de agua residual controladas, aproximadamente dos cargas tanto en la mañana como en la noche, por dos horas; esto se realizó en los meses de marzo y abril 2018, pero al no registrarse ninguna reacción de la piscina, ni incremento del pH, se planteó otra medida.

En el mes de mayo de 2018 se añadieron 200 Litros de microorganismos EM ® (microorganismos eficaces) y 3 Litros de melaza, dando un total de 203 Litros de EM activados,

los cuales dentro de una semana presentaron resultados en el efluente, con la disminución del mal olor, incremento del pH, presencia de burbujas en la piscina, lo que es un reflejo de incremento de actividad bacteriana. En este caso las cargas de agua residual se fueron incrementando semana a semana hasta habilitarla completamente.

Otro problema que se identificó fue la presencia de aceites y grasas en las piscinas 2 y 3, debido a que la piscina 1 se encontraba aislada, y la carga orgánica se dirigía completamente a estas piscinas, actuando la piscina 2 como anaeróbica y la 3 como facultativa, sin lograr realizar, en su totalidad, la remoción de la carga orgánica, aparte que por un descuido en el proceso existían fugas de aceite.

Una vez habilitada la piscina 1, se procedió a aislar la piscina 2 para retirar la capa superficial de lodo y aceite visible, residuos que fueron destinados a la zona de compostaje, y por último se realizó una recirculación de agua de la piscina 1 a la 2, para mejorar las condiciones de pH e incrementar su actividad microbiana. Posteriormente a esto se realizó lo mismo en la piscina 3. Logrando una recuperación a corto plazo de las dos.



Figura 11. Presencia de grasas y aceite en piscina 2.

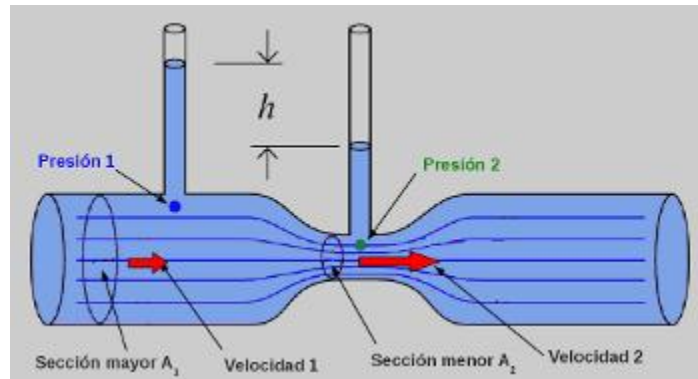
Fuente: Erazo, 2018

En cuanto al proceso se propuso la verificación de un buen cocinado de la fruta, para que en el proceso de desfrutado los frutos de palma no se queden impregnados en el raquis, y así evitar el reproceso del fruto mal cocinado, lo cual afecta en el prensado, ya que de un fruto crudo donde no se puede extraer todo el aceite. A parte en el proceso de prensado, se controlaron parámetros como temperatura, humedad y llenado del licor de prensa para evitar daños como una mayor cantidad de lodos con excesiva presencia de grasa, que no hacen posible su separación dentro del proceso de clarificación.

Para el control de aceite y grasas en el pretratamiento, se mejoró la disociación del agua y el aceite, por medio de una separación por diferencia de densidades, para realizar una mejor captación de estos dentro de la trampa grasas y florentinos, mediante el control del tiempo de permanencia del agua residual y la temperatura; implementado duchas de enfriamiento, las cuales ayudan acelerar la separación.

En cuanto a la fase aeróbica (piscina 5), no se lo considera un problema, pero si una medida a tomar para mejorar el tratamiento como tal y la calidad del efluente a descargar. Se detectó una falta de oxigenación de la piscina, por lo que se propuso la implementación de un equipo con principio Venturi a la entrada de la misma, el cual consiste en pasar un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado, disminuyendo su presión y aumentando su velocidad al pasar por una zona de menor sección. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy grande, se llegan a producir grandes diferencias de presión y entonces, si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (Suarez, 2006).

Figura 12. Diagrama de efecto Venturi



Fuente: Suárez, 2006

El equipo consiste en una tubería corta recta, o garganta, compuesta por dos tramos cónicos, que con la ayuda de una bomba para incrementar la velocidad. Los efectos son inmediatos, mejorando parámetros como oxígeno, color y olor del agua; aparte que gracias a esto se ayuda a eliminar cualquier microorganismo patógeno.

La PTAR al ser un tratamiento netamente biológico, y el agua residual al tener características de contener grandes cantidades de materia orgánica y sólidos, va a generar sólidos sedimentables o lodos, mismos que se recomienda ser retirados cada dos años; dentro de la planta, tanto pretratamiento como las piscinas estos lodos nunca han sido removidos. Debido a esto se propone una evacuación de lodos inmediata; esto debe realizarse una vez habilitada y restaurada la piscina de lodos que cuenta Extranatu S.A., para la evacuación del mismo, en un periodo de seis meses.



Figura 13. Presencia de malezas y lodo en piscina 5.

Fuente: Erazo, 2018

4.2.1. Diseño de la Planta

4.2.1.1. Cuantificación de Caudales y Tiempo de Retención Hidráulica

Cuantificación de Caudal

El caudal que ingresa a la PTAR, se calculó mediante la cantidad de fruta a procesada y el agua que se utilizó para procesarla. Estos cálculos se realizaron para 21 semanas, comprendidas entre el mes de enero y Junio del 2018.

Tabla 13. Cantidad de fruta procesada desde el mes de enero a junio

SEMANA	F.INGRESADA (kg)/semana	F.INGRESADA (Ton)/día	F.PROCESADA (Ton)/ día	ACEITE OBTENIDO (TON)/día	EXTRACCION (%)
1	689870	152,09	148,12	149,61	20,20%
2	813240	179,29	179,29	189,87	21,18%
3	782330	172,47	172,47	181,73	21,07%
4	405470	89,39	93,36	83,95	17,98%
5	446730	98,49	94,08	83,44	17,74%
6	664420	146,48	146,92	154,67	21,06%
7	612890	135,12	135,12	138,69	20,53%
8	712840	157,15	157,15	163,40	20,80%
9	776360	171,16	171,16	178,33	20,84%
10	810080	178,59	178,59	182,42	20,43%
11	760430	167,65	167,65	172,44	20,57%
12	738820	162,88	162,88	166,12	20,40%
13	778320	171,59	171,59	177,55	20,69%
14	787470	173,61	173,61	178,08	20,52%
15	941660	207,60	207,60	218,92	21,09%
16	780730	172,12	172,12	180,17	20,94%
17	772170	170,23	170,23	179,12	21,04%
18	671010	147,93	126,26	128,86	20,41%
19	739880	163,12	182,81	192,75	21,09%
20	666280	146,89	142,26	150,11	21,10%
21	922690	203,42	208,05	214,63	20,63%
SUMA	15273690	3367,27	3361,32	3464,87	
PROMEDIO		160,35	160,06	314,99	20,49%

Elaborado: Erazo, 2018

Una vez obtenida la capacidad máxima de procesamiento dentro de la extractora, las horas del proceso y la relación de agua con la de la cantidad de fruta que se procesa, se calculó el caudal del efluente para ingresar a la PTAR, reflejados en la Tabla 14.

Tabla 14. Caudal del agua residual de la extracción de aceite de palma.

Capacidad max. Proceso	Horas del proceso	Relación de agua con fruta	Caudal
TRFF/día	hora/día	m3/TMTRFF	m3/día
200	24	0,007	32,4
200	24	0,006	26,8
200	24	0,006	27,8
200	24	0,011	51,4
200	24	0,011	51,0
200	24	0,007	32,7
200	24	0,007	35,5
200	24	0,006	30,5
200	24	0,006	28,0
200	24	0,006	26,9
200	24	0,006	28,6
200	24	0,006	29,5
200	24	0,006	28,0
200	24	0,006	27,6
200	24	0,005	23,1
200	24	0,006	27,9
200	24	0,006	28,2
200	24	0,008	38,0
200	24	0,005	26,3
200	24	0,007	33,7
200	24	0,005	23,1
PROMEDIO			31,3

Elaborado: Erazo, 2018

Se observa que mientras más fruta ingresa al proceso, aumenta el caudal del efluente, tomando en cuenta que por cada tonelada de fruta a procesar se utiliza un m³ de agua cruda. Gracias a estos cálculos, se obtuvo un caudal promedio de 31,3m³/TRFF diarios de ingreso a la PTAR.

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)

En la Tabla 15 se observa el tiempo de retención hidráulica que debe tener tanto el pre-tratamiento, como la planta como tal, en base al caudal de ingreso y la capacidad de almacenamiento de las piscinas.

Tabla 15. Tiempo de Resilencia Hidráulica de las piscinas de oxidación.

	CAPACIDAD	TRH (días)
PISCINA 1	9500	38
PISCINA 2	3000	12
PISCINA 3	3400	14
PISCINA 4	4800	10
PISCINA 5	1700	10
total	22400	90

Elaborado: Erazo, 2018

La planta como tal, tiene un tiempo de retención hidráulica de 90 días, por lo que al finalizar el año 2018 se deberá realizar se primera descarga del agua residual tratada al estero Chaupara. Este TRH no toma en cuenta la capa de lodos que contiene cada piscina, por lo que esta se verá disminuida.

4.3. Resultados de Análisis de Parámetros físicos y químicos de las piscinas del tratamiento de aguas residuales luego de plantear medidas correctivas

Mediante al análisis en laboratorio realizado se arrojaron los siguientes valores:

4.3.1. Parámetros Físicos

- **Temperatura**

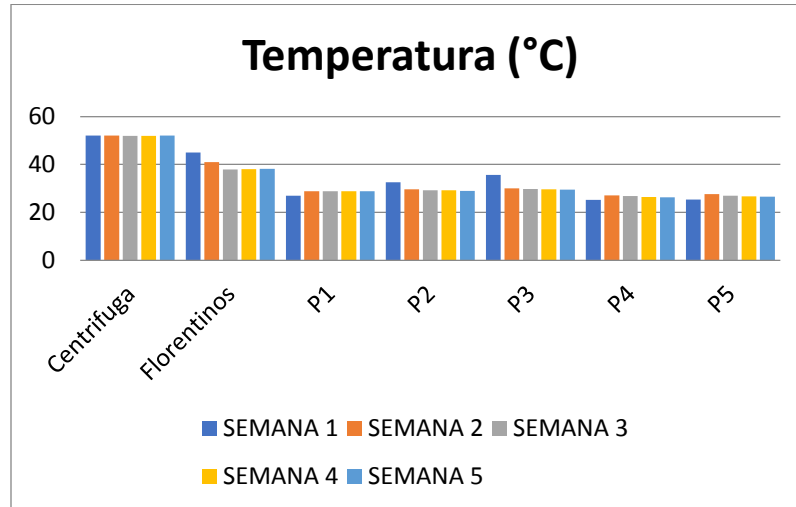


Figura 14. Variación de Temperatura en PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

En la Figura 14 se reflejan los valores más altos de temperatura, los cuales corresponden a la centrífuga, ya que el proceso requiere de vapor y generación de energía; sin embargo estos valores van disminuyendo a medida de que el agua residual pasa por el pretratamiento, y por cada una de las piscinas de la PTAR.

Tomando en cuenta que la temperatura ambiental de donde se encuentra ubicada la extractora es de alrededor de los 27 - 28°C, en el P5 no se obtendrá un valor menor a este.

- **pH**

Para los análisis del pH se obtuvo los siguientes resultados

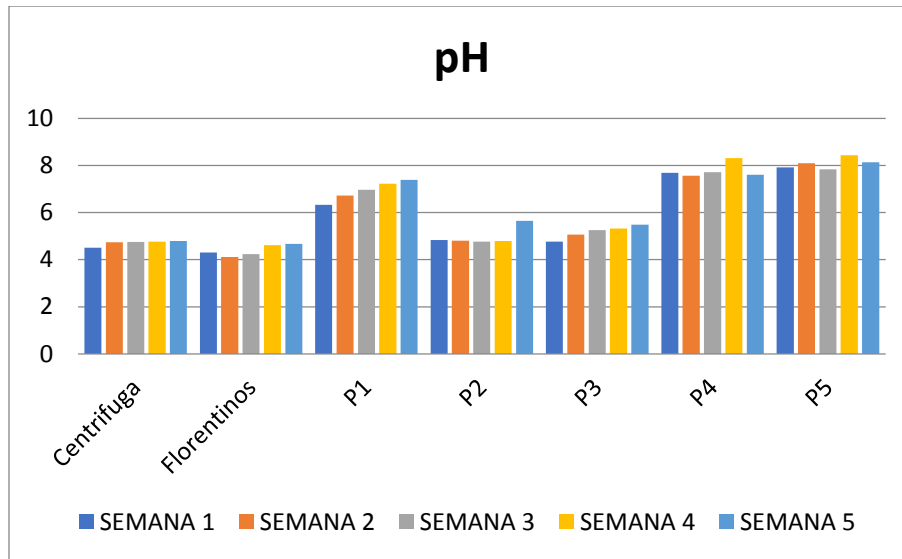


Figura 15. Variación de pH dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

En la Figura 15 se puede observar la variación del pH una vez tomadas todas las medidas. En cuanto a la centrifuga y la salida del pretratamiento (salida florentino), son valores que se mantienen relativamente constantes, así como las piscinas 4 y 5.

La P1 se encontraba con el pH bajo y luego de la adición de las bacterias, los valores mejoraron de forma inmediata; de igual forma en la P2 el pH se mantenía relativamente constante, ya que esta recibía toda la carga orgánica de la planta; y por un descuido por parte de producción se produjo que las piscinas P2 y P3 se llenen de aceite. Las mismas que una vez aisladas y realizando recirculaciones de la P1 a la P2 y P3, incrementaron su pH.

A pesar de que se llevaba de una forma desordenada el sistema lograban cumplir con los valores permisibles, tal como se aprecia en la Tabla 12.

- **Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables y Sólidos Disueltos**

Para los resultados de sólidos tanto suspendidos, disueltos y sedimentables, se pueden observar las figuras 16, 17 y 18 respectivamente. Y como en el proceso de extracción de aceite el agua residual posee características significativas de sólidos.

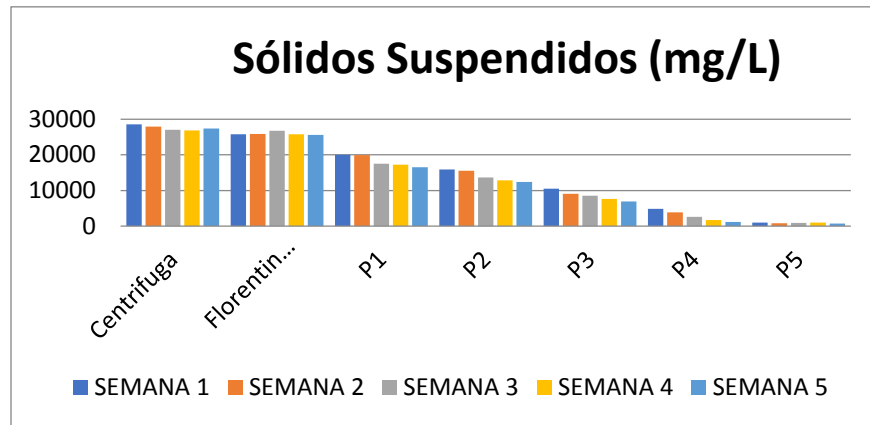


Figura 16. Variación de sólidos suspendidos dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

En la figura 16, se puede apreciar que existe una disminución de sólidos en el efluente desde que sale del proceso hasta que entra a la planta; sin embargo aún no cumplen con lo establecido en la norma, por lo que se debería hacer énfasis en la P5, colocando posteriormente una nueva piscina de sedimentación que deberá ser evacuada semestralmente, esto constituirá la última etapa antes de descargar el agua al estero Chaupara 3.

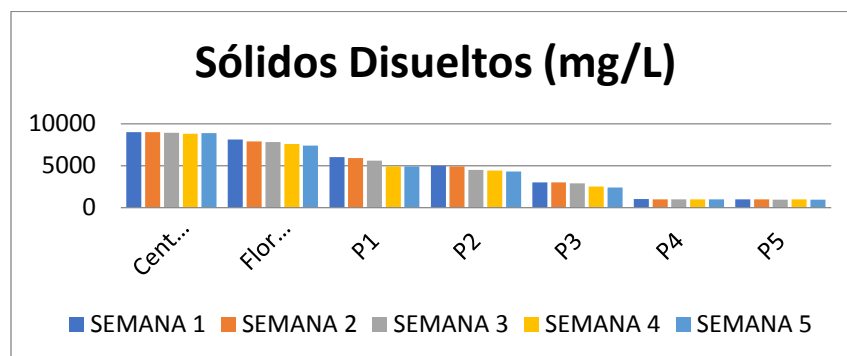


Figura 17. Variación de sólidos disueltos dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

Existe una disminución de sólidos disueltos dentro de la PTAR y al no existir límites permisibles en cuanto a descarga, se propone realizar un control periódico de estos valores para controlar su emisión.

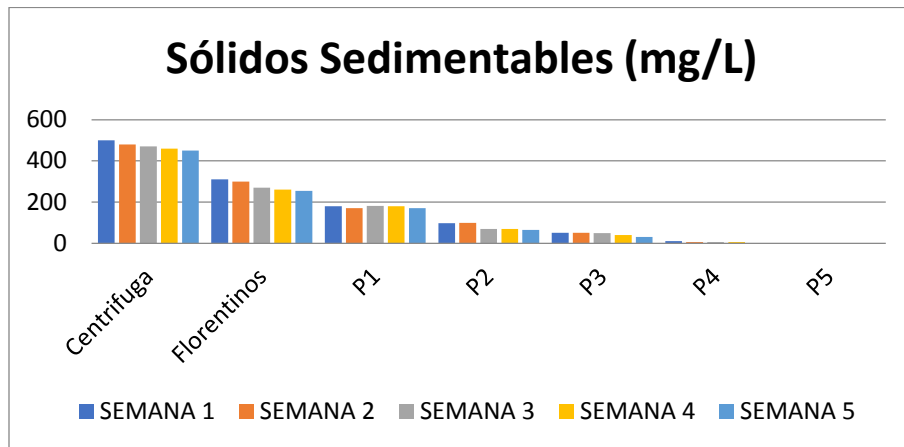


Figura 18. Variación de sólidos sedimentables dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

Existe una sedimentación de este tipo de sólidos, que son los causantes de lodos; y debido a la nula evacuación que ha tenido desde su construcción, es importante plantear medidas para la inmediata evacuación de los mismos. Al no cumplir con la normativa, se puede establecer que es el principal motivo por el que no llegan al límite de descarga.

4.3.2. Parámetros Químicos

Estos parámetros que son de fundamental importancia, ya que se los considera más agresivos en cuanto al impacto que van a causar, obtuvieron los siguientes resultados:

- **DQO**

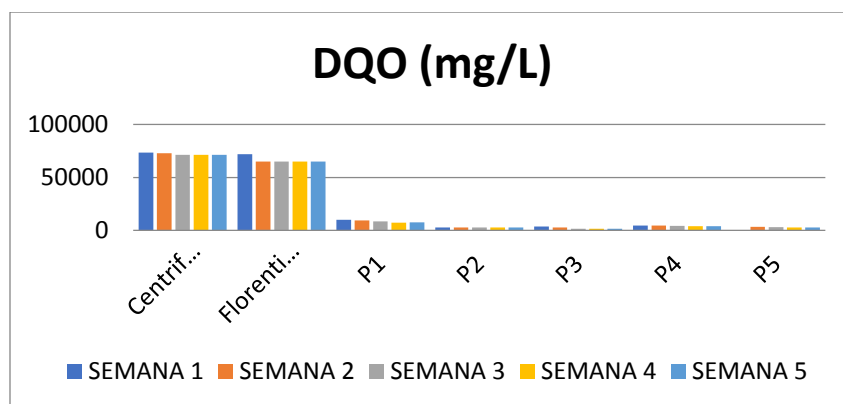


Figura 19. Variación de DQO dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

Se observa que desde la salida del efluente y al pasar por el pretratamiento existe una remoción de la carga orgánica debido a que se precipitan sólidos y se remueven grasas; pero donde existe una disminución significativa es en la piscina 1, al igual que en la P2, donde se observa que se degrada el 75% de lo que quedaba de la P1.

Sin embargo en la P4 existe un incremento del DQO, ya que problemas que presentaban las piscinas anteriores, se fueron acumulando en la P4 y pasando a la P5, donde se espera que una vez normalizado el sistema y trabajando las piscinas anteriores con normalidad se estabilicen estas.

Tabla 16. Reducción de DQO en las Fases de la PTAR

DBO5 mg/L						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	
P1	10180	5600	3450	2210	1845	reducción del 85%
P2	1500	1350	1310	1240	1200	
P3	1150	1130	1120	970	810	reducción del 75%
P4	940	810	790	780	776	
P5	750	630	600	560	484	

Elaborado: Erazo, 2018

- **DBO₅**

Para el DBO₅ se obtuvieron los siguientes datos

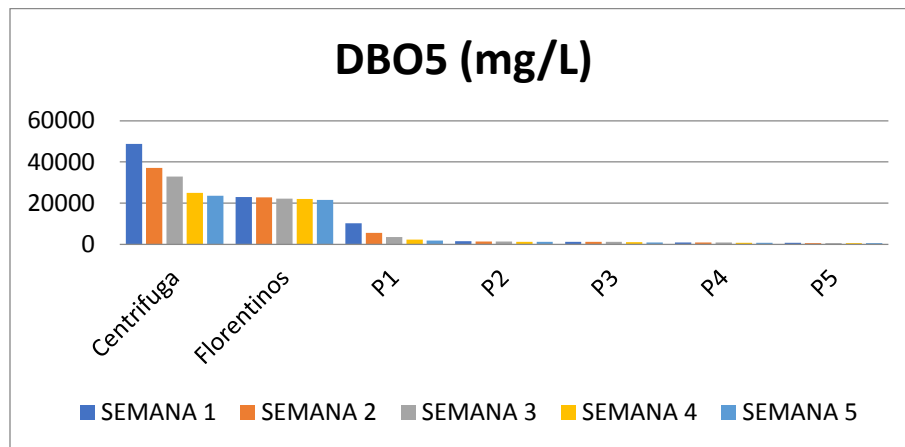


Figura 20. Variación de DBO₅ dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

Se observa que dentro del recorrido que hace el agua residual tanto por florentinos y en la PTAR, hay una disminución de la materia orgánica presente, sin embargo ninguno de los dos parámetros cumple con los límites permisibles, por lo se recomienda inocular bacterias eficientes en las dos piscinas para mejorar los procesos de biodegradación.

- **Aceites y Grasas**

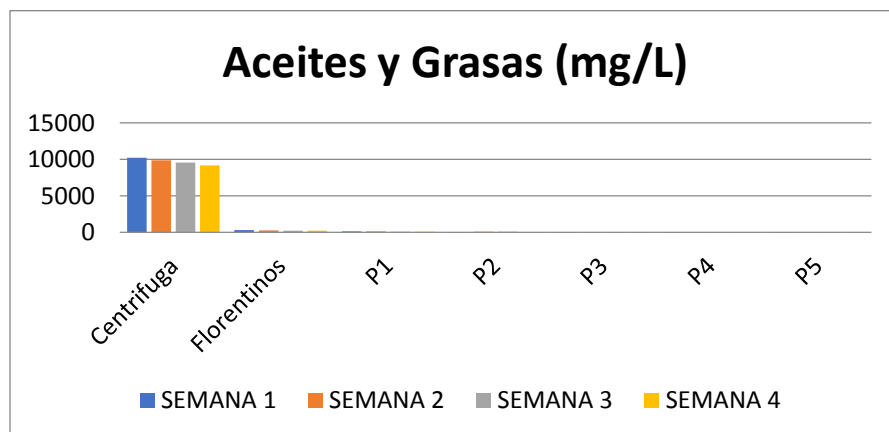


Figura 21. Variación de Aceites y Grasas dentro de la PTAR

Elaborado: Erazo, 2018

Se puede evidenciar que a partir de la concentración que sale al proceso y la que sale del pre-tratamiento se remueve casi en su totalidad la cantidad de grasa, por lo que se estima que se trabaja de forma correcta, controlando la cantidad de aceite presente.

Existen cantidades de aceite en la P2 y P3 como se puede observar en la figura 22, donde se nota la presencia de aceites y grasas pero dado a los trabajos realizados dentro de las mismas se logró disminuir de forma rápida, con un valor de 75 mg/L para la P2, hasta llegar a los 40mg/L para la P3.

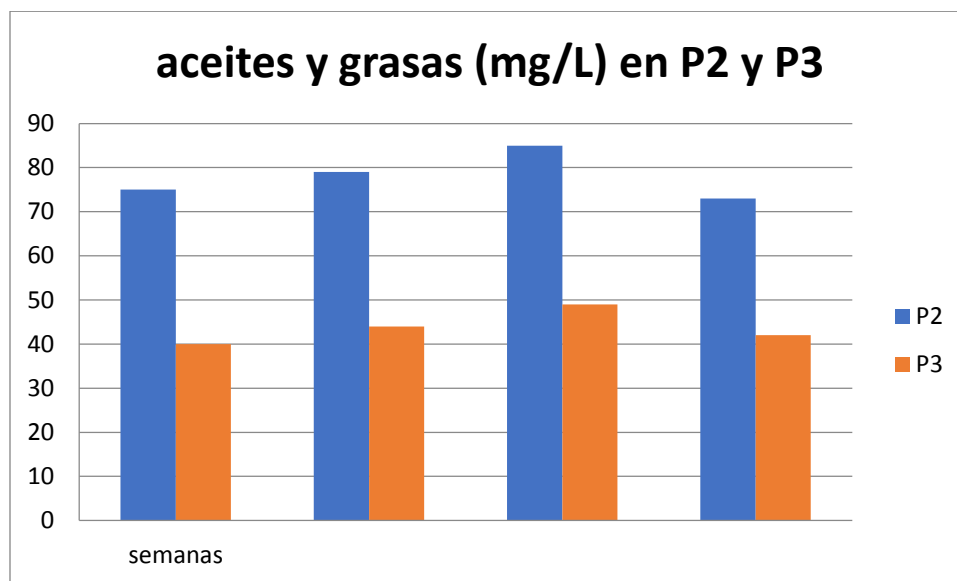


Figura 22. Aceites y grasas presente en P2 y P3

Elaborado: Erazo, 2018

4.4.Discusión de Resultados

Se realizó una caracterización fisicoquímica del efluente como tal, ya que no existían datos de la calidad del agua residual proveniente del proceso de extracción, además de un monitoreo que tuvo una duración de cuatro semanas para observar el comportamiento de la PTAR, y se comprobó la veracidad de estos datos con análisis realizados en un laboratorio aprobado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) .

De acuerdo con los análisis realizados en el laboratorio de la UISEK y los resultados obtenidos, refleja que el sistema de tratamiento de aguas residuales de Extranatu S.A, existen parámetros que no cumplen con los límites de descarga establecidos en la normativa ambiental vigente como son los sólidos sedimentables y suspendidos se controlan en cada una de las piscinas, por otro lado el DQO y DBO₅, que es la materia orgánica presente; el sistema se encuentra trabajando de forma adecuada, ya que al ser el contaminante principal, este es removido un 95% del total, entre la fase anaerobia y facultativa.

En lo que tiene que ver con las grasas que tiene el agua residual, estas son captadas y removidas en el pretratamiento, donde se almacenan y se venden a otras compañías. Para el pH y la temperatura, la adición de bacterias para recuperar la piscina 1 (anaeróbica) ayudó al control de estos parámetros.

Al comprobar que la planta como tal cumple con la disminución de ciertos contaminantes no se ve necesario realizar un rediseño de la PTAR propiamente dicho, sin embargo la presencia de lodos dentro de todo el sistema es de real preocupación, por lo que se propone el rediseño de la piscina para disposición de lodos con la que cuenta la extractora.

Extranatu S.A. cuenta con el espacio y con una piscina adicional que se encuentran abandonados los cuales tiene una capacidad de 3000 m³, facilidad que se encuentra localizada entre la piscina 3 y 4. Esta piscina no se encuentra recubierta por geomembrana y aparte presenta una saturación total de malezas.

Es indispensable identificar las piscinas en donde se obtiene mayor cantidad de lodos para plantear recomendaciones y una óptima disposición de lodos residuales, al tener una piscina donde se pueden depositar estos, y lo importante es que no se encuentra cerca del cuerpo de agua;

por lo que se debe establecer un sistema de transporte seguro y monitoreado para que no tenga ninguna afectación al ambiente.

Dentro de esta piscina, el lodo debe tener actividad microbiológica por lo que la cantidad de lodos que se suministre de la fase anaeróbica, será de vital importancia, lo que ayudará a mejorar la degradación para su mejor aprovechamiento.

Los lodos en la piscina deben ser removidos periódicamente, ya que un exceso de los mismos puede llegar a una colmatación de la nueva piscina, recomendado que su altura no sea mayor a la profundidad de la piscina y que se deje un margen de seguridad del 10 % del volumen total de almacenamiento.

Con respecto a la evacuación de lodos, se recomienda no retirar los lodos del fondo, ya que se podría desestabilizar el sistema.

En cuanto al diseño de la piscina, esta debe ser simple, permeable y con un acceso que permita recolectar los lodos degradados y evaporados. Como el área y diseño es proporcional al del sistema de tratamiento de aguas residuales, se cumpliría con lo establecido. Por otro lado, la piscina debe estar correctamente impermeabilizada, y en caso de que la empresa así lo requiera, se puede implementar una serie de tubos que permitan el drenaje de los mismos.

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1.Conclusiones

El estado en el que se encuentra la planta de tratamiento de aguas residuales de la extractora Extranatu S.A., actualmente es de condiciones óptimas, el cual logra una degradación eficaz de la materia orgánica en cada una de sus fases, a pesar de no cumplir con los límites de descarga establecidos.

Existen parámetros que no cumplen con lo determinado en la normativa ambiental, lo que se debe a una falta de mantenimiento, por lo que gracias a las medidas propuestas, el sistema mejoró en cinco meses, lo que quiere decir que, siempre y cuando la gerencia realice mantenimientos periódicos la planta seguirá trabajando de forma adecuada, bajando los niveles de los parámetros hasta el momento que se realice la descarga al río Chaupara.

Con las medidas correctivas planteadas y realizadas en el lapso de tiempo donde se efectuó el monitoreo, se mejoró la calidad de los efluentes. El realizar este monitoreo, junto con la caracterización del efluente, fue de vital importancia ya que los resultados reflejaron el comportamiento de cada piscina, incluyendo el pretratamiento y el proceso de extracción de aceite.

En la piscina 1 (anaeróbica) la colocación de bacterias fue significativo, ya que una vez estabilizada esta piscina, se logró la recuperación de las piscinas 2 y 3 que se encontraban haciendo el trabajo de la fase anaerobia y facultativa.

El tiempo de residencia hidráulica ayuda en cada uno de los tratamientos ya que permite que a mayor tiempo, bajen los niveles de contaminación.

Mediante los resultados no se vio la necesidad de implementar medidas correctivas en un lapso de tiempo corto para realizar el estudio, ya que la PTAR está llegando a su capacidad máxima teniendo que realizar su primera descarga al estero Chaupara.

Una vez planteadas las medidas correctivas, se observó que la piscina más eficiente del sistema es la anaeróbica (piscina 1), la cual cumple con lo establecido en la teoría de remover el 85% de la materia orgánica. En cuanto a las demás piscinas trabajan de forma adecuada, con la seguridad de que al seguir implementando las medidas propuestas, en un lapso de tiempo corto mejorarán.

En cuanto a la cantidad de lodos presentes en las piscinas, se evaluó la forma de retirarlos y destinarlos a una piscina que cuenta la empresa, la misma que debe ser habilitada cumpliendo con las condiciones de diseño establecidas, junto con un control y seguimiento para realizarlo de forma correcta.

El principal problema identificado en la PTAR fue una falta de mantenimiento de la misma, descuidando a la planta y sus procesos; además de una falta de limpieza y difícil acceso por la obstrucción por malezas.

Por último una de las medidas propuestas a la gerencia de la extractora es la capacitación periódica al personal que esté a cargo del tratamiento de las aguas residuales, para instruirlo de manera más técnica de tal forma que aumente sus habilidades técnicas y dar solución a problemas que se presenten, asumiendo mayor control y evitando que el rendimiento de cada uno de los procesos a utilizar disminuya.

5.2.Recomendaciones

Es importante realizar controles periódicos del desarrollo de la PTAR, con el propósito de comprobar que esté trabajando de forma correcta, logrando la disminución total de los contaminantes presentes en el agua residual final.

Para el adecuado funcionamiento de la planta de aguas residuales de Extranatu S.A. es necesario realizar verificaciones semanales de ciertos parámetros como pH y temperatura los cuales reflejan resultados inmediatos, los que nos dará una idea que como está trabajando las piscinas; además de monitoreos semestrales para tener datos reales del funcionamiento de la planta y así en caso de ser necesario plantear medidas correctivas.

Se deben realizar mantenimientos periódicos de las distintas fases del tratamiento, como el pre-tratamiento, así como la remoción de malezas que crecen constantemente alrededor de las piscinas, como la presencia de aceites y grasas y capas superficiales de lodo, los cuales interfieren con el recomendable funcionamiento de las mismas.

En caso de ser necesario, realizar recirculaciones de agua de la piscina 1 a la 2 y 3, para mejorar el pH, ya que la presencia de estos microorganismos ayudan a degradar la materia orgánica contenida en el agua residual, y de esta forma llegar a los límites permisibles de descarga.

Para la piscina 5 (aeróbica) se recomienda la implementación de un equipo que permita la aireación de la misma para disminuir el color de la piscina y cumpla con los parámetros establecidos en la normativa

Al ser un tratamiento biológico, después de la degradación de la materia orgánica se va a generar lodos, por lo que se debe realizar una evacuación de los mismos, mediante la adecuación de la piscina de secado de lodos.

En los procesos controlar ciertas etapas en la extracción de aceite, con el fin de disminuir ciertos parámetros antes de ser enviados a la PTAR.

Es importante que se realice una capacitación mensual al personal a cargo del tratamiento, de forma que estén instruidos de forma técnica y aumente las capacidades para solucionar problemas, asumiendo un mayor control y evitar que el rendimiento de la PTAR disminuya

CAPITULO VI

Referencia Bibliográfica

- Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria. (2015)
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water Wastewater. 18th Edition. Washington, APHA, 1992. pp 4-65.
- Balboa, N. (2015). Determinación de pérdidas de aceite del proceso de prensado en la extracción de aceite en Alcopalma S.A.
- Barbosa, J. (2006). Evaluación del arranque, Operación y Seguimiento del sistema de Tratamiento Biológico de Efluentes Residuales de la Empresa Palmas Oleaginosas de Casacará (Cesar) Palmacará Ltda.
- Basantes, J. (2015). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Cenipalma. (2013). Manejo de Efluentes de Plantas Extractoras, (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>.
- CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE Suplemento – Registro Oficial N° 983 (2017)
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial N.0 449 (20 de Octubre.
- DINAMA, L. de. (2009). Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes.
- 22nd Edition of Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ERRATA. (2013). pp: 289-987
- Natural Hbitat Group. (2017). Plan de Comunicación.

- Guerrero, E. (2015). Estudio Sobre La Recirculación De Agua De Producción Utilizada Para La Extracción Del Aceite Crudo De Palma, 125.
- HACH COMPANY. (2000). Procedimientos fotométricos, de titulación y microbiológicos sobre el análisis de agua. Versión 3^{era}, edición en ingles. pp: 68-189.
- Lalangui, D. (2015b). REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, APLICANDO UN SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL CON FLUJO SUPERFICIAL EN LA EXTRACTORA TEOBROMA. *Escuela Superior Politecnica Del Chimborazo*, 109.
- Morillo, G. (2012). Reingeniería Del Proceso De Tratamiento de Efluentes Provenientes de Decapado.
- Ministerio del Ambiente. (2012). Estudio de Potenciales Impactos Ambientales y Vulnerabilidades Relacionada con las Sustancias Químicas y Tratamientos de desechos peligrosos en el Sector Productivo del Ecuador. CAPÍTULO 6. CIU C-1040 INDUSTRIA DEL ACEITE DE PALMA.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo
- Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua. Anexo, Libro V I
- Sanchez, E. (2012). Análisis de Rentabilidad de un Cultivo de Palma Aceitera Híbrida (OxG) en la provincia de Orellana.
- Sánchez, R. (2011). PLANTA, DISEÑO DE UN SISTEMA DE INDICADORES AMBIENTALES PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA TEOBROMA, PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, 1–57. Retrieved from

<http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=JpAzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=Universidad+internacional+sek&ots=b1fiWfTN1M&sig=1ApNXkS4mgpAW0ElyaNRSz6ixs0>

- Sarmiento, N., & Perez, K. (2017). Propuesta de un Sistema de Tratamiento para la Recirculación de Agua Residual de la Planta Extractora de Aceite de Palma Africana para Riego en Cultivo por Aspersión.
- SECTOR PALMICULTOR ECUATORIANO. (2017). Informe Sobre El Sector Palmicultor Ecuatoriano. Retrieved from <http://www.comercioexterior.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/informe-palma-español-.pdf>
- Suarez Barbuzano, J. C. (2006). El tubo de venturi. *El Tubo de Venturi*, 2–3.

Anexos

Todas las fotografías fueron tomadas por el autor del estudio realizado

Análisis en Laboratorio para determinación de parámetros.



Foto 1: filtrado de muestras para determinación de sólidos sedimentados y disueltos.



Foto 2: Pesado de papel filtro con sólidos suspendidos.



Foto 3: Método Inhoff, para determinación de sólidos sedimentables



Foto 4: Crisol con sólidos disueltos de piscina 5



Foto 5: Método para determinar sólidos.



Foto 6: Determinación de aceites y grasas

Tratamiento de las muestras



Foto 7: transporte de muestras

Muestreo



Foto 8: Estero Chaupara 3.



Foto 9: Estero Chaupara 2.



Foto 10: Malezas en piscina 2.



Foto 11: Capa de lodos y malea presente en piscina 5



Foto 12: Malezas en piscina 4.



Foto 13: Monitoreo de aceites y grasas presente en piscina 2.



Foto 14: Toma de muestra de piscina 1.



Foto 15: Toma de muestra a la salida Florentino.



Foto 16: Canal de Efluente hacia ingreso de la PTAR.



Foto 17: Efluente a la salida de centrífuga con altas temperaturas.



Foto 18: Trampa grasa con presencia de sólidos.



Foto 19: Aceites y grasas en florentinos

Proceso de Extracción de Extranatu S.A.



Foto 20: Equipos y proceso de extracción de palma africana



Foto 21: Extractora



Foto 22: Licor de prensa



Foto 23: Separación de lodos, agua y aceites en centrífuga

Mapa de la Extractora Extranatu S.A.

