

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**Trabajo de fin de carrera titulado:**

“Estudio de factibilidad para el reciclaje de aguas del sistema de tratamiento en la Planta Extractora de aceite de palma “Palmeras del Ecuador” Shushufindi, provincia de Sucumbíos”

**Realizado por:**

**MARÍA ALEJANDRA PAZMIÑO CHINACALLE**

**Director del proyecto:**

**DR. CARLOS ORDÓÑEZ M.Sc.**

**Como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**Quito, 15 de Septiembre 2014**



## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, MARÍA ALEJANDRA PAZMIÑO CHINACALLE, con cédula de identidad # 172108726-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha 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.

A handwritten signature in black ink on a light yellow background. The signature is cursive and reads "M. Pazmiño".

María Alejandra Pazmiño Chinacalle

C.C.: 172108726-8

## DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS”**

Realizado por:

**MARÍA ALEJANDRA PAZMIÑO CHINACALLE**

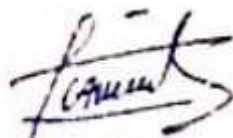
Como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

ha Sido dirigido por el profesor

**DR. CARLOS ORDÓÑEZ M.Sc.**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Carlos Ordóñez

DIRECTOR

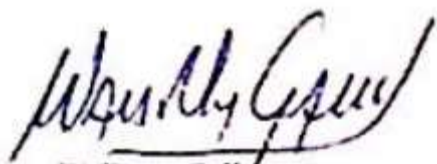
## LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes

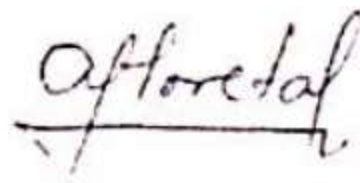
WALBERTO GALLEGOS

ALONSO MORETA

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



Walberto Gallegos



Alonso Moreta

Quito, 6 de Septiembre del 2014

## **DEDICATORIA**

A mi DIOS, por cada día nuevo de vida.

A mis dos pilares fundamentales, mi hermosa y jovial madre y a mi extrovertida hermana,  
por su apoyo y palabras de aliento en momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios, por los retos puestos en mi camino, que han hecho de mí una persona luchadora.

A mi familia, por su apoyo incondicional en estos 5 años de estudios; en especial a mis madre quien con su sacrificio diario logró sacarnos adelante a mi hermana y a mí, brindándonos un cálido hogar lleno de amor y buenos valores.

A mi querida y prestigiosa Universidad Internacional SEK, por todo el conocimiento adquirido y por las buenas amistades hechas en las aulas de la UISEK.

A mí distinguido tutor, Dr. Carlos Ordóñez, por todo su conocimiento y ayuda, al Ing. Walberto Gallegos por su dedicación y perseverancia para llevar a cabo este trabajo de investigación y al Ing. Alonso Moreta por su disposición a continuar con el estudio y su amistad brindada durante toda la carrera.

Agradezco infinitamente al Grupo Agroindustrial DANEC S.A, quienes pusieron su confianza en el grupo de investigación de la UISEK, para llevar a cabo este estudio.

## TABLA DE CONTENIDO

## CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	5
1.1.1.2. PRONÓSTICO.....	6
1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO.....	7
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.1.4. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.1.6. JUSTIFICACIONES.....	9
1.2. MARCO TEÓRICO.....	12
1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA.....	12
1.2.2. ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA.....	12
1.2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	14
1.2.3.1 DANEC S.A.....	14

1.2.3.2. PALMERAS DEL ECUADOR S.A.....	15
1.2.3.2.1. Ubicación Geográfica.....	15
1.2.3.2.2. Clima.....	16
1.2.3.2.3. Temperatura.....	18
1.2.3.2.4. Historia.....	18
1.2.3.3. PALMA ACEITERA.....	24
1.2.3.4. SISTEMA DE LAGUNAS ARTIFICIALES.....	28
1.2.3.4.1. Definición.....	28
1.2.3.4.2. Clasificación de los sistemas de lagunaje.....	29
1.2.3.5. AGUA.....	34
1.2.3.6. ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS.....	35
1.2.3.7. ANÁLISIS VOLUMÉTRICO TITULACIÓN.....	35
1.2.3.7.1. Buffer o acción tampón.....	36
1.2.3.8. PARÁMETROS FÍSICOS.....	37
1.2.3.8.1. Sólidos.....	37
1.2.3.8.2. pH.....	39
1.2.3.8.3. Temperatura.....	39
1.2.3.8.4. Conductividad.....	39
1.2.3.9.PARÁMETROS QUÍMICOS .....	40

1.2.3.9.1. Alcalinidad.....	40
1.2.3.9.2. Dureza.....	43
1.2.3.9.3. Hierro.....	47
1.2.3.9.4. Sílice.....	48
1.2.3.10.CALDERA.....	48
1.2.3.10.1. Que es una caldera.....	48
1.2.3.10.2. Tratamiento del agua de calderas.....	49
1.2.4. HIPÓTESIS.....	53
1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.....	53
CAPÍTULO II	
MÉTODO.....	54
2.1. NIVEL DE ESTUDIO.....	54
2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	54
2.3. METODOLOGÍA.....	55
2.3.1. TRABAJO DE CAMPO.....	55
2.3.1.1. Tipo de muestra.....	56
2.3.1.2. Identificación de las muestras.....	58
2.3.1.3. Manejo y transporte de las muestras.....	60

2.3.2. METODOLOGÍA DE LABORATORIO.....	62
2.3.2.1 Dureza.....	62
2.3.2.2. Alcalinidad.....	64
2.3.2.3. Hierro.....	66
2.3.2.4. Sílice.....	67
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	68
2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	69
2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.....	69
2.7. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	69

### CAPÍTULO III

RESULTADOS.....	70
3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	70
3.1.1. MUESTRO.....	70
3.1.2. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS.....	70
3.1.3. MEZCLAS DE AGUAS.....	71
3.2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	72

3.2.2. GRÁFICOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....80

3.2.3. RELACIÓN DE MEZCLAS.....87

#### CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN.....93

4.1 CONCLUSIONES.....98

4.2 RECOMENDACIONES.....101

BIBLIOGRAFÍA.....104

#### ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación Geográfica PALMERAS DEL ECUADOR S.A .....	15
Tabla 2: Precipitación (mm).....	17
Tabla 3: Obtención del fruto hibrido .....	27
Tabla 4: Clasificación del agua según el tipo de Alcalinidad.....	43
Tabla 5: Clasificación del agua según el tipo de dureza.....	44
Tabla 6: Principales Cationes y Aniones relacionado con la dureza del agua .....	45
Tabla 7: Formato utilizado para identificar muestras de agua.....	59
Tabla 8: Ficha de registro de campo.....	60
Tabla 9: Homogenización de las muestras .....	63
Tabla 10: Titulación EDTA .....	64
Tabla 11: Determinación Alcalinidad .....	66
Tabla 12: Determinación Hierro.....	67
Tabla 13: Determinación Sílice .....	68
Tabla 14: Registro de datos para parámetros físico químicos .....	71
Tabla 15: Registro de porcentajes .....	72
Tabla 16: Resultados "P1CR" Punto 1 Captación Río .....	73
Tabla 17: Análisis estadístico de resultados "P1CR" .....	74
Tabla 18: Resultados "P2E" Punto 2 Efluente Pantano 8.....	75
Tabla 19: Análisis estadístico de resultados "P2E" .....	76
Tabla 20: Resultados "P3V" Punto 3 Vertiente.....	77
Tabla 21: Análisis estadístico de resultados "P3V".....	78

Tabla 22: Comparación de resultados de análisis físico químicos (Datos Promedio) con límites permisibles de la Norma ASME.....	79
Tabla 23: Mezclas Río efluente (R-E).....	88
Tabla 24: Resultados Finales Mezcla 1 .....	90
Tabla 25: Resultados Finales Mezcla 2 .....	90
Tabla 26: Resultados Finales Mezcla 3 .....	91
Tabla 27: Resultados Finales Mezcla 4 .....	91
Tabla 28: Comparación de resultados de mezclas de aguas con las normas ASME.....	92
Tabla 29: Porcentaje disminución parametros criticos.....	92

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Ubicación PDE) .....	16
Figura 2: Precipitación (mm) 1996 – 2007.....	17
Figura 3: Proceso de Extracción Guineensis .....	20
Figura 4: Proceso de Extracción Híbrido .....	21
Figura 5: Diagrama de Flujo Agua.....	22
Figura 6: Diagrama de Flujo de Agua y Vapor .....	23
Figura 7: Foto aérea plantaciones de palma .....	28
Figura 8: Ubicación de los puntos de muestro .....	56
Figura 9: Preparación de muestra compuesta.....	57
Figura 10: Equipo muestro y análisis in situ .....	58
Figura 11: Esquema transporte de muestras .....	61
Figura 12: Alcalinidad.....	80
Figura 13: Conductividad.....	81
Figura 14: Dureza.....	82
Figura 15: Hierro .....	83
Figura 16: pH.....	84
Figura 17: Sílice .....	85
Figura 18: Sólidos Disueltos.....	86
Figura 19: Mezclas Río + Efluente (R-E).....	89
Figura 20: Sistema de Ablandamiento del agua .....	96

## RESUMEN

La importancia del recurso agua y la riqueza de formas, con la que se manifiesta en los diferentes estados de su ciclo en la naturaleza, demuestra su imponencia ante el ser humano, ya que simplemente sin agua la vida no existe. Toda actividad antropogénica compromete el estado natural de este recurso, por esta razón se buscan nuevas alternativas, para producir el mínimo impacto al ambiente, generando desarrollo sostenible.

Bajo esta tendencia, el grupo AgroIndustrial DANEC S.A, preocupado por los impactos ambientales que genera durante su proceso productivo, dio apertura para la realización del presente estudio de factibilidad. Con la finalidad de determinar la calidad del efluente final del sistema de tratamiento, para reusarla como agua de alimentación hacia los calderos. Durante 4 meses se muestreo bajo estrictas normas establecidas en los métodos normalizados, con un total de 32 muestras, provenientes del agua de captación del Rio Cashpa “P1CR” y del agua efluente del pantano 8 “P2E”, adicional se muestro un tercer punto “P3V”. Las muestras fueron analizadas en el los laboratorios de la UISEK y PDE, los parámetros analizados fueron, dureza, alcalinidad, hierro, sílice, sólidos disueltos. Los valores de los parámetros descritos sobrepasaron los límites máximos permisibles para agua de alimentación, según la norma ASME. Con base en los resultados de caracterización se descarta el uso del punto 3 “P3V” para la siguiente etapa de la investigación, por presentar valor elevados en los parámetros críticos. Continuamos con las mezclas de agua, en distintas concentraciones del punto “P1CR” y “P2E”, para disminuir los parámetros críticos del efluente del pantano 8.

En conclusión si es factible recircular el agua efluente del pantano 8, ya que existen procesos químicos que eliminan el 99% de sales disueltas como el sodio, calcio, carbonatos, bicarbonatos, magnesio, sulfatos que contiene el agua, mediante el uso de resinas de intercambio iónico.

**Palabras clave:** Aguas de alimentación, calderos, dureza, mezcla de aguas.

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de crecimiento poblacional, industrial y económico, hablamos directamente de un declive en la estabilidad y calidad del medio ambiente. Debido a que cualquier actividad realizada por el ser humano para su bienestar, tienen un efecto negativo como positivo en el medio ambiente, se requiere medidas ambientales sostenibles, para no comprometer el uso de recursos naturales a futuras generaciones.

El agua circula naturalmente a través de los océanos, atmosferas, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas. Siendo conocidos que el 97% de la superficie terrestre es agua; sin embargo es de tipo salada y no es apta para consumo humano, tan solo el 2% es agua dulce, por lo tanto el agua se convierte elemento esencial y escaso para la vida, sin ella el ser humano no podría existir. La calidad de agua es un término relativo que últimamente ha ocasionado mucha controversia entre los expertos en el tema.

Las fuentes de agua, han sido contaminadas gradualmente y fueron las causantes de un sin número de epidemias que afectaron a ciudades en la antigüedad. (Prieto, 2004)

A medida que la humanidad continuó su desarrollo, las descargas de aguas residuales domesticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos, a deteriorar los ecosistemas, etc. De aquí nació la importancia de tratar y desinfectar el agua que se consumía. (Prieto, 2004)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

La naturaleza del problema actual radica principalmente, en las descargas hacia cuerpos de agua, de los efluentes líquidos industriales y domésticos, provenientes de actividades humanas, que son tratadas de manera ineficiente, en algunos casos y con sistemas de tratamiento de excelente calidad en otros.

Ecuador, al estar ubicado en la línea equinoccial o ecuatorial, es considerado un país tropical, además posee un clima privilegiado, con características ideas, y condiciones óptimas en sus tierras para el cultivo de palma aceitera y especies oleaginosas, motivo por el que la industria aceitera tiene gran potencial de crecimiento, desarrollo social y económico en la población (Marcillo & Vargas, 2005).

En el continente Americano, Ecuador consta como el segundo productor de Palma aceitera, el cuarto exportador y el segundo consumidor a nivel industrial; por tales motivos la industria aceitera tiene aceptación en el mercado, proporcionándole estabilidad económica (Bastidas, 2006).

El cultivo de palma africana (*Elaeisguineensis*) conocida también como palma aceitera, se ha extendido rápidamente a nivel mundial, así actualmente existen 8 millones de hectáreas sembradas en el mundo, y en el Ecuador son alrededor de 207.285 Has cultivadas. En el año de 1953 se introdujo en el Ecuador el primer cultivo de palma, el cual que se ha incrementado notablemente a partir de la década de los setenta (ANCUPA, 2005).

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Bajo esta tendencia, se puede considerar como la primera plantación industrial del Ecuador, a la empresa Palmera de los Andes S.A, de la división agrícola del grupo industrial DANEC S.A, a partir de 1972.

Esta empresa actualmente tiene resembrado un 80% de la superficie original sembrada con los mejores resultados, debido a las investigaciones genéticas pertinentes. En 1976, se crea Palmeras del Ecuador, en el Oriente ecuatoriano, y en 1998 inicia una segunda plantación de Palmera de los Andes S.A en San Lorenzo, estas 3 plantaciones en la actualidad alcanzan 20000 Ha de producción.

Debido al crecimiento de la demanda de aceite de palma, es necesario consumir más insumos para su elaboración, por lo tanto se generan una mayor cantidad de efluentes. Los problemas ambientales que van de la mano con la industria aceitera, es la producción de efluentes con un alto grado de temperatura, de grasas y aceites, así como materia orgánica; la generación de residuos sólidos orgánicos es otro de los problemas relevantes ya que diariamente se producen alrededor de 500 toneladas entre raquis prensado, lodo y fibra. Si se cuenta con tratamiento de compostaje, el problema se convierte en una ventaja ya que este compost listo sirve como abono para las plantaciones de palma.

El consumo creciente de recursos ha llevado a varios países a ser más severos con las leyes ambientales, Ecuador no es la excepción y ha aprobado leyes para cobrar a las industrias un valor representativo por cada m<sup>3</sup> de agua captada que ingrese al proceso productivo, esta ley se denomina Ley de Aguas.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Siendo conocedores de la problemática ambiental que significa el crecimiento industrial; el Grupo AgroIndustrial DANEC S.A ha tomado medidas al respecto, mejorando la eficiencia en su proceso productivo, con el cambio de clarificadores (clarificación estática) a tricanters (clarificación dinámica), los mismos que usan menos energía, dan menor porcentaje de pérdida de aceite en el efluente. Está en marcha varios proyectos, como por ejemplo la recirculación de los condensados para minimizar el consumo de agua; programas para obtener un protocolo adecuado para el manejo del compost.

### 1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el Ecuador, se está viviendo una transición con respecto al tema del cuidado del ambiente, a partir del año 2008 fecha en la cual la nueva constitución del Ecuador, declara a la naturaleza como un ser con derechos. Estos cambios se han ido dando, como consecuencia de los impactos ambientales generados por las industrias en su proceso productivo, provocando un sin número de pérdidas naturales, daños a la salud y alteraciones en la calidad de vida de la población.

En los últimos años en el Ecuador, es notorio el incremento de nuevas leyes que protegen al Ambiente, y ponen al sector industrial en busca de nuevas estrategias para cumplir con la normativa ambiental vigente.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Es el caso del Grupo Agroindustrial DANEC S.A, empresa dedicada a la extracción del aceite de palma, con plantas extractoras ubicadas en la provincia de Esmeraldas y Sucumbíos. Para el caso específico de la provincia de Sucumbíos la planta extractora se encuentra en el cantón Shushufindi, donde tiene un requerimiento de volumen de agua alrededor de 400.000 m<sup>3</sup>/año para la generación de vapor en los calderos, procesos de extracción y uso doméstico. Con la aprobación de la nueva ley de aguas, DANEC S.A, debería pagar un promedio de 10 centavos de dólares americanos por cada m<sup>3</sup>, lo que representa un valor total a pagar anual elevado.

### 1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En los últimos 50 años, Ecuador ha desarrollado una creciente industria aceitera en torno al aprovechamiento y mejoramiento de cultivos herbáceos oleaginosos, esto se debe a las características de los frutos y semillas que contienen un alto porcentaje de aceite. Su beneficio económico se basa en la extracción del aceite a través de la implementación de las plantas extractoras, sin embargo muchos de los subproductos provenientes de la extracción tienen igual importancia en lo referente a la parte económica tales como: barnices, jabones, lubricantes, medicamentos, balanceados, alimentos, entre otros (Andrade, 2008).

En el oriente ecuatoriano la extractora de aceite “Palmeras del Ecuador” ubicada en Shushufindi, utiliza materias primas, recursos naturales, energía, inversión científica y tecnológica y el trabajo de su personal calificado para generar ganancias económicas y promover el desarrollo social de la comunidad, a su vez los procesos de extracción generan impactos

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

ambientales positivos como negativos, el uso de recursos no renovables y la generación de residuos sólidos, se pueden en listar entre los principales impactos negativos (Rodríguez, 2011).

La conciencia ambiental y la búsqueda de nuevas estrategias tecnológicas, dan a las industrias un sin número de oportunidades para mejorar su eficiencia productiva, optimizando el sistema de gestión ambiental y siendo amigables con el ambiente. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, analizar los efluentes provenientes del proceso de extracción de aceite de palma; la calidad del efluente, determinara si el mismo cumple con los requerimientos y especificaciones técnicas para ingresar nuevamente al proceso; como agua de alimentación reusable para calderas, generando vapor y electricidad a la planta extractora.

La relación existente entre este requisito y valores de parámetros físico químicos tales como: sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, sílice, hierro, pH, temperatura y conductividad de los efluentes residuales que serán analizados determinarán la factibilidad de recircular el agua para los fines planteados.

### 1.1.1.2. PRONÓSTICO

En ausencia de un estudio de factibilidad para reutilizar el agua que sale como efluente y depurarla en la planta de tratamiento, en tareas inherentes a la producción de aceite, se pierde la posibilidad de mejorar la eficiencia del sistema en sí; por otra parte con el sistema actual de piscinas y pantanos artificiales de tratamiento para los efluentes industriales, mediante la biodegradación por acción del pasto alemán, se puede mantener a los parámetros pH, DBO<sub>5</sub>,

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

DQO, temperatura entre otros dentro de los límites máximos permisibles cumpliendo con la normativa vigente.

### 1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO

Los métodos utilizados están adaptados al manual “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Vigésima ed.)*”. Al momento de seguir un método normalizado APHA, AWWA, WPCF para muestreo, transporte y análisis del efluente problema, se garantiza una correcta caracterización del efluente industrial; determinando la credibilidad de los resultados, siendo viable los tratamientos efectuados en el efluente, facilitando el procedimiento de reciclaje de aguas con los fines planteados.

### 1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿A través del estudio de factibilidad para el reciclaje de aguas del sistema de tratamiento en la Planta Extractora de aceite de palma “Palmeras del Ecuador” del Grupo AgroIndustrial DANEC S.A, se reducirán el consumo de agua natural para el proceso de extracción de aceite crudo de palma?

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Existe la metodología y protocolos específicos para la toma de muestras y caracterización de las mismas?
- ¿Existen datos actuales del volumen de agua captada como el volumen de efluentes descargados al cuerpo receptor?
- ¿Existe un registro de las condiciones del agua a la entrada y salida del proceso de extracción, teniendo un control de la eficiencia del sistema de tratamiento?
- ¿El estudio de factibilidad para reusar el agua puede ser una alternativa para el mejoramiento continuo de la empresa?

### 1.1.4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio técnico para el reciclaje de aguas del sistema de tratamiento en la Planta Extractora de aceite de palma “Palmeras del Ecuador” Shushufindi, provincia de Sucumbíos.

### 1.1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ejecutar muestreos y caracterizaciones de aguas: tanto para el agua de captación que se utiliza para el caldero y procesos de extracción, como al efluente del sistema de tratamiento existente.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Realizar pruebas de ensayo, para acondicionar el efluente de la planta de tratamiento, y que sea tratada en sistema de ablandamiento para después utilizarla en calderos y proceso.

### 1.1.6. JUSTIFICACIONES

La importancia del recurso agua y la riqueza de formas, con la que se manifiesta en los diferentes estados de su ciclo en la naturaleza, demuestra su imponencia ante el ser humano, ya que simplemente sin agua la vida no existe.

A fin de conseguir un desarrollo social y económico que llegue a satisfacer las necesidades básicas humanas presentes y futuras, es fundamental conocer y comprender los problemas ambientales para lograr mantener la capacidad de producción del medio ambiente, utilizando racionalmente y sustentablemente los recursos como el agua, que representa en toda su totalidad vida. (Prieto, 2004)

Hoy en día el mundo se enfrenta a graves y complejos problemas relacionados con el agua, la cual debe ser salvaguardada para goce de las generaciones actuales y venideras a través de un uso sustentable mediante la planificación cuidadosa de su administración.

Ninguna de las necesidades básicas del ser humano, como alimentación, salud, educación, higiene, trabajo, y vivienda pueden ser satisfechas sin tomar en cuenta el papel del desempeño por el agua. (Prieto, 2004)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Se debe tomar conciencia de la vital importancia del agua y cuidarla; pues si el 97% de la superficie de la tierra es agua salada esta no es apta para consumo humano y todas las actividades que el realiza. Por lo tanto es los proceso, proyecto y demás actividades que incluyan un tratamiento adecuado para las aguas residuales son una manera viable de proteger el agua y a su vez la naturaleza. (Prieto, 2004)

El agua dulce es un recurso no renovable, y una de las mayores necesidades para el desarrollo industrial mundial y la supervivencia de la vida en el planeta, paradójicamente el agua es el compuesto más abundante presente en la naturaleza, cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Tan solo el 0.62% le corresponde al agua dulce el resto forma parte del agua salada. (Coral, 2012)

En la última década la cantidad y calidad del agua dulce se ven amenazada diariamente por la falta de conocimiento y por las deficiencias en el sistema de tratamiento otra razón fundamental son las inapropiadas políticas públicas y privadas de manejo y aprovechamiento del recurso. El agua al ser constituida como un valioso recurso, escaso y con alta vulnerabilidad frente a la contaminación, necesita un manejo integral eficiente que incluya soluciones urgentes y factibles. (Burneo, 2008)

Para la toma de muestras y caracterización de los efluentes, se coordinaran las fechas con el representante de DANEC S.A, mediante procedimientos específicos para cada parámetro; con los resultados obtenidos se generará una base de datos.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

La investigación a través de las pruebas de ensayo sirvió para conocer el mejor procedimiento para tratar el agua y reintegrarla al proceso, evaluado permanentemente la calidad del agua.

Mediante la recopilación de datos y la investigación planteada, varios actores se vieron beneficiados así como el equipo técnico del Grupo Industrial DANEC S.A y el grupo de investigadores de la Universidad Internacional SEK. Es la primera ocasión que se realiza un estudio de este tipo para la empresa DANEC S.A, por parte de la Universidad Internacional, además de la comunidad de sitios aledaños a la Planta.

Por esta razón el Grupo AgroIndustrial DANEC S.A, ha implementado mejoras en su sistema de gestión ambiental, la UISEK y GAID, trabajarán conjuntamente para realizar muestreos y caracterizaciones de los efluentes industriales provenientes de su proceso productivo, con la finalidad de generar un informe técnico en el que se indique la factibilidad de reutilizar las aguas residuales del proceso de extracción de aceite de palma en la planta de “Palmeras del Ecuador”- Shushufindi en la provincia de Sucumbíos.

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

## 1.2. MARCO TEÓRICO

### 1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA

El 29 de octubre de 1970, nace la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana, *ANCUPA*.

El sector está conformado por más de 7000 palmicultores, de los cuales el 87% son pequeños palmicultores con menos de 50 hectáreas. Ecuador tiene más de 240000 hectáreas plantadas y en producción, ubicadas en 5 zonas palmeras: Quinindé, La Concordia, Quevedo, El Oriente y San Lorenzo. El sector se encuentra en constante desarrollo. (ANCUPA, 2005)

La cadena de producción palmera genera laboralmente más de 150000 plazas de trabajo. El 50% de la producción se encuentra destinada a la exportación, lo que permite contribuir a la generación de divisas para Ecuador y al equilibrio de la balanza comercial. (ANCUPA, 2005)

Estos datos hacen estable económicamente a la industria aceitera en el país, y su crecimiento anual va en aumento; estas estadísticas ponen a los altos funcionarios en busca de nuevas estrategias de producción y soluciones ambientales para ganar mercado internacional y convertirse en productores de aceite de palma amigable con el ambiente.

Existe amplia información acerca de adecuar correctamente el agua para convertirla en aguas de alimentación a calderas.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Lastimosamente no existen datos concretos sobre temas relacionados al reuso del agua residual proveniente de la industria aceitera, y que posteriormente se utilizaran en las calderas, sin embargo se encontró varias tesis en donde se profundiza la factibilidad de implementar plantas de cultivo de palma para la exportación de aceite y el potencial que tienen los microorganismos en la biorremediación de efluentes provenientes de una extractora de palma aceitera.

Por otra parte se han hecho breves estudios, dando como resultados valores demasiado elevados para tratar el metro cúbico y reciclar el agua.

### 1.2.2. ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA

Del análisis de los antecedentes citados es conveniente mencionar que el presente trabajo se llevara a cabo mediante un modelo de pensamiento analítico que permite encuadrar la información experimental para desarrollar una solución práctica para resolver el problema planteado.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3. MARCO CONCEPTUAL

#### 1.2.3.1. DANEC S.A

DANEC S.A fue creada en el año de 1972, al ver que en el Ecuador no existía una industria dedicada a la refinación de aceites comestibles; con la finalidad de satisfacer las necesidades del mercado nacional en los sectores de grasas, aceites comestibles y jabones en barras. DANEC S.A es la primera empresa en el país en integrar el sector agrícola e industrial, fraccionando la palma africana para producir derivados de grasas y aceites en el Ecuador.

DANEC S.A, se distingue en el mercado de las oleaginosas.

La división agrícola del grupo agroindustrial DANEC S.A, corresponde a las empresas Palmeras de los Andes S.A (PDA) y Palmeras del Ecuador S.A. (PDE), ubicadas en la costa y oriente ecuatoriano respectivamente. PDA fue la primera plantación creada en el año 1974, en la provincia de Esmeraldas, posteriormente en el año 1998 inicia la segunda plantación en la zona de San Lorenzo al norte de la misma provincia. PDE se crea en el año de 1976 en el oriente ecuatoriano en la provincia de Sucumbíos.

Las tres plantaciones suman actualmente 20 mil hectáreas de producción, adicional cada plantación cuenta con su propia planta extractora de aceite, con una capacidad de extracción total de 120 ton/hora.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

1.2.3.2. PALMERAS DEL ECUADOR S.A

1.2.3.2.1. Ubicaciones Geográfica

El predio de Palmeras del Ecuador, incluye el aérea de plantación y el aérea de la planta extractora ubicado en:

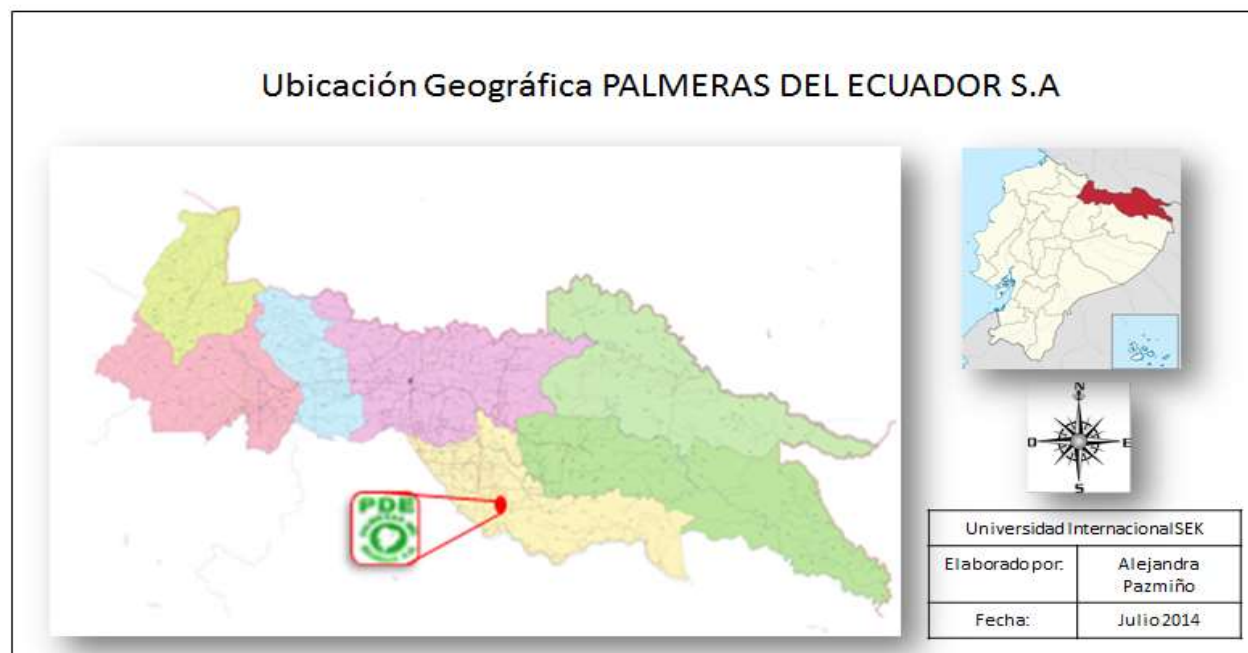
Tabla 1: Ubicación Geográfica PALMERAS DEL ECUADOR S.A

Provincia	Sucumbíos
Parroquia	San Sebastián
Cantón	Shushufindi
Distancia	Km 15 de la vía a Limoncocha
Límites:	Norte: Río Aguarico, Sur: Río Napo, Oriente: Comunidad Shuara Occidente: campo petrolero Shushufindi.

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 1: Mapa de Ubicación PDE



Elaborado por: **(Pazmiño, 2014)**

### 1.2.3.2.2. Clima

La precipitación presenta un comportamiento bimodal propio de la región amazónica. Los períodos correspondientes se extienden de Abril a Junio con valores promedio de 364.9 mm y un segundo período de Octubre a Noviembre con 310.1 mm en promedio. El valor máximo se alcanza en Abril y corresponde a 853.3 mm

En cuanto al número de días en que se reporta lluvia, el promedio registra 15 días por mes; sin embargo, en el primer período de lluvia se reportan hasta 20 días con proporciones oscilantes entre los 30 mm y los 100 mm. El máximo número de días en que un mes reporta lluvia es 26, mientras que en ocasiones tan solo se registran 2 días con lluvia, como sucede en el mes de Diciembre, época seca del año. (INAMHI, 2013)

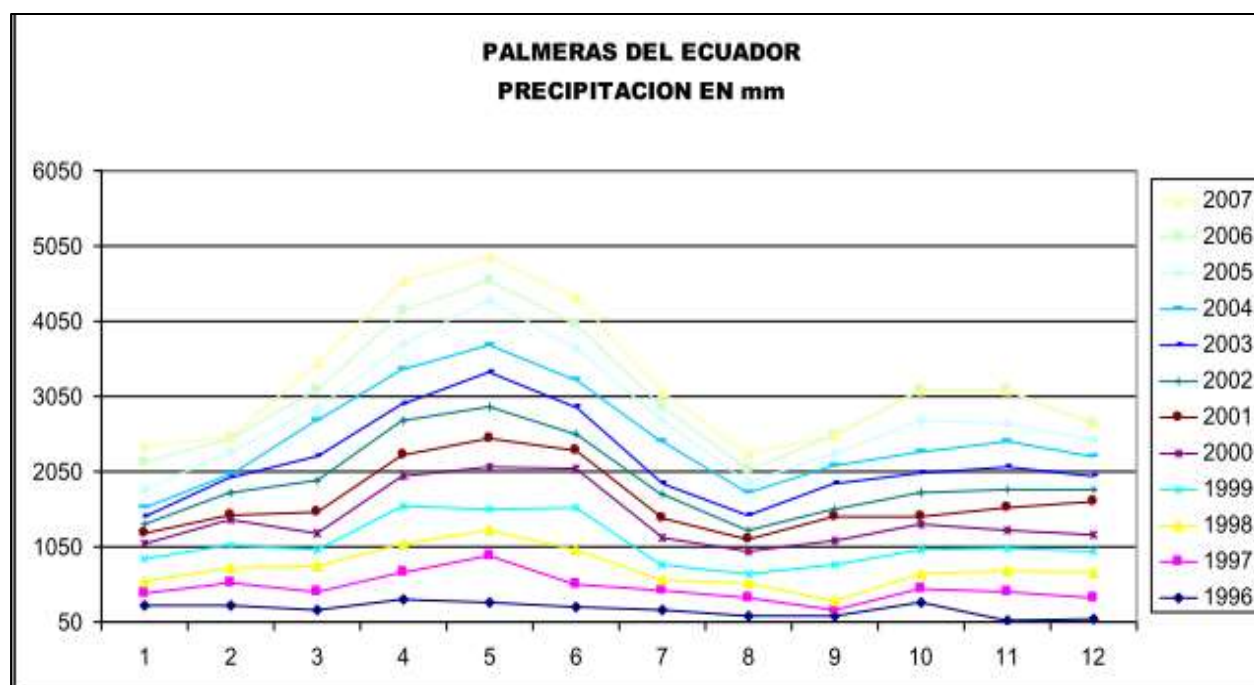
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 2: Precipitación (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
<b>1996</b>	276,0	265,9	217,6	355,6	309,0	243,7	215,8	127,6	122,7	319,5	79,2	99,3	2631,90
<b>1997</b>	156,7	302,7	239,4	353,3	612,1	302,7	250,7	240,9	92,4	163,2	375,4	262,1	3351,60
<b>1998</b>	167,2	207,1	323,4	381,3	343,6	455,6	149,2	201,2	106,5	201,0	281,6	346,2	3163,90
<b>1999</b>	292,6	290,3	228,1	503,3	290,5	569,9	193,9	111,0	493,4	329,8	303,1	290,8	3896,70
<b>2000</b>	190,5	337,2	219,6	399,8	550,2	511,1	354,2	301,7	324,2	328,8	233,2	218,3	3968,80
<b>2001</b>	147,7	58,1	291,0	276,0	377,5	253,8	270,6	168,9	304,1	113,4	288,7	436,4	2986,20
<b>2002</b>	112,9	311,0	416,9	461,8	433,2	212,8	317,2	122,2	97,4	310,4	246,5	155,9	3198,20
<b>2003</b>	100,2	189,8	321,3	220,8	445,5	362,6	144,5	196,2	345,2	259,9	293,2	173,0	3052,17
<b>2004</b>	119,6	49,3	464,3	450,2	360,7	363,5	549,2	303,6	236,0	282,3	356,4	259,9	3794,95
<b>2005</b>	246,5	294,0	171,7	349,0	599,0	406,5	288,0	131,8	168,1	419,9	231,9	227,8	3534,20
<b>2006</b>	364,7	182,8	243,3	436,7	264,8	329,8	185,8	158,2	232,9	393,4	431,4	211,2	3434,99
<b>2007</b>	210,2	28,7	358,0	399,8	326,4	360,1	192,2	221,2					2096,60
<b>Prom.</b>	175,2	223,6	303,1	361,2	375,5	341,7	278,3	200,1	230,6	313,2	309,5	218,3	3293,23

Fuente: (PDE, 2008 )

Figura 2: Precipitación (mm) 1996 – 2007



Fuente: (PDE, 2008 )

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3.2.3. Temperatura

Se registran valores constantes a lo largo del año, con un promedio mensual de 30.2°C con un ligero incremento hacia el final del año, alcanzando en los meses de Diciembre y Enero los 31.9°C. Este comportamiento al relacionarlo con la precipitación denota una fuerte influencia sobre la evaporación, por lo cual se pueden esperar valores considerablemente altos para ella. (INAMHI, 2013)

### 1.2.3.2.4. Historia

Inicia su actividad agrícola con 20 hectáreas experimentales, utilizando semillas del IRHO (actualmente CIRAD), instituto dedicado al desarrollo e investigación genética de la agricultura. Finalizado el proceso de experimentación en el área, se dio inicio a la siembra como cultivo y cosecha con 22 hectáreas en el año 1978, aumentando el número de hectáreas por cada año transcurrido; completando un total de 3125 hectáreas para el año de 1982, cumpliendo las metas de la primera etapa.

Actualmente se encuentran productivas 8829.25 hectáreas, distribuidas en 1210 parcelas. Cada parcela tiene un seguimiento continuo por parte del departamento de sanidad vegetal, quienes son los encargados del proceso de fertilización y control fitosanitario.

La parte industrial de Palmeras del Ecuador, inicio con una pequeña instalación piloto para extracción del aceite en 1980, y posteriormente en 1984 se instaló la planta definitiva, con una capacidad de producción de 30 ton/h. Hoy en día la capacidad nominal de la planta extractora

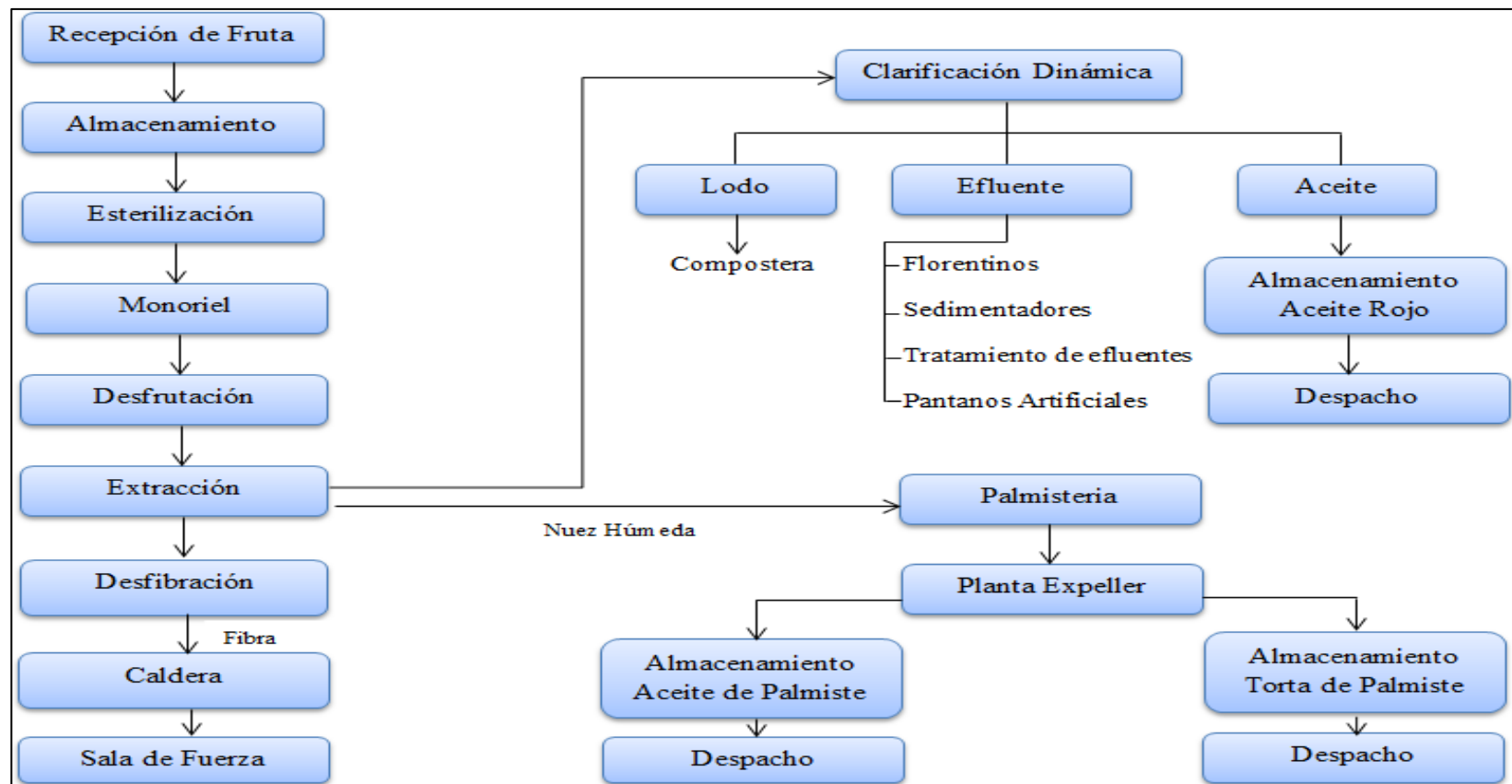
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

es de 60 ton/hora, produciendo 15 toneladas de aceite/hora. Es preciso mencionar que el proceso industrial es netamente físico, es decir se extrae el aceite mecánicamente sin la presencia de transformaciones químicas.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBIÓS

1.2.3.2.5. Proceso de Extracción:

Figura 3: Proceso de Extracción Guineensis

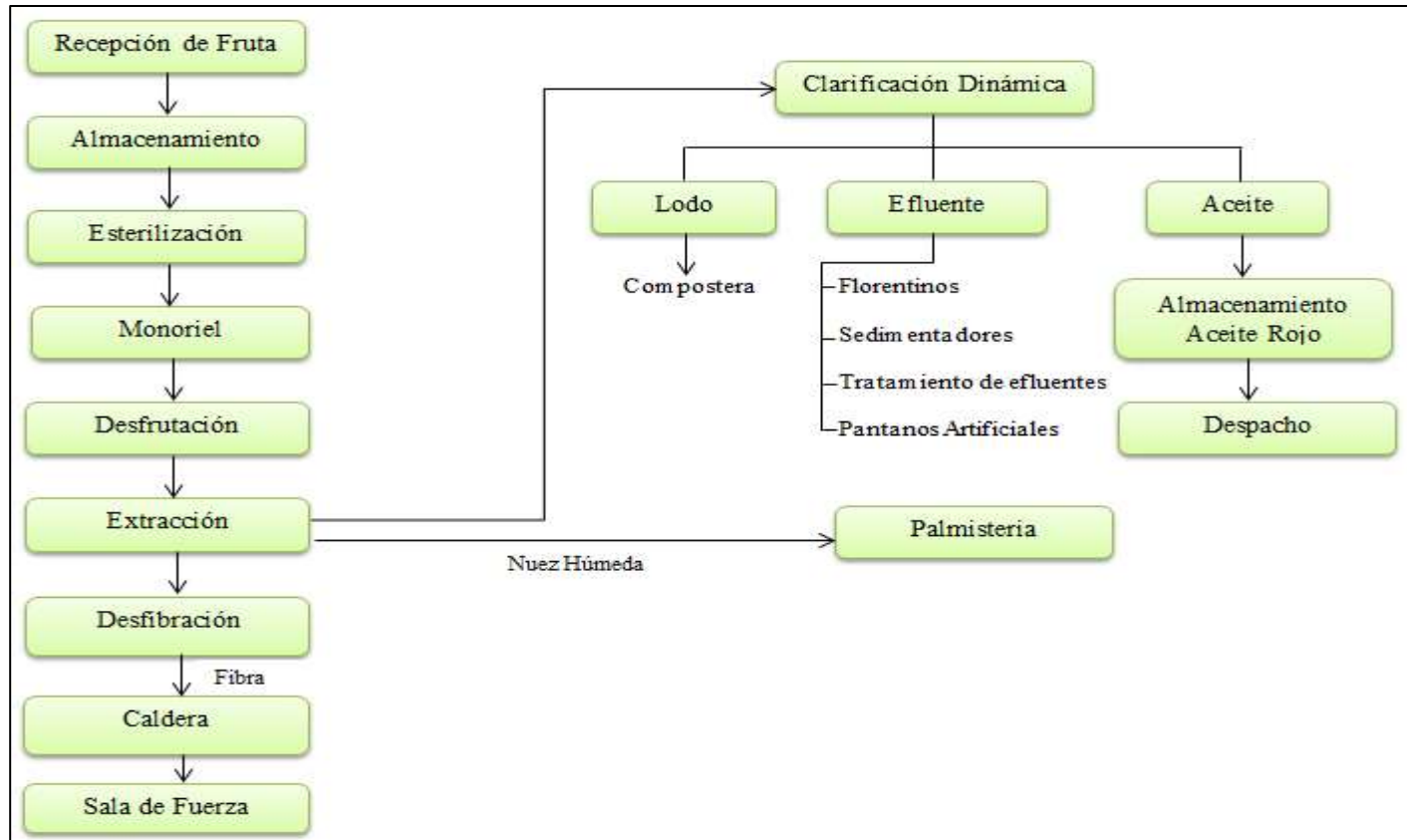


Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Fuente: (PDE, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 4: Proceso de Extracción Híbrido



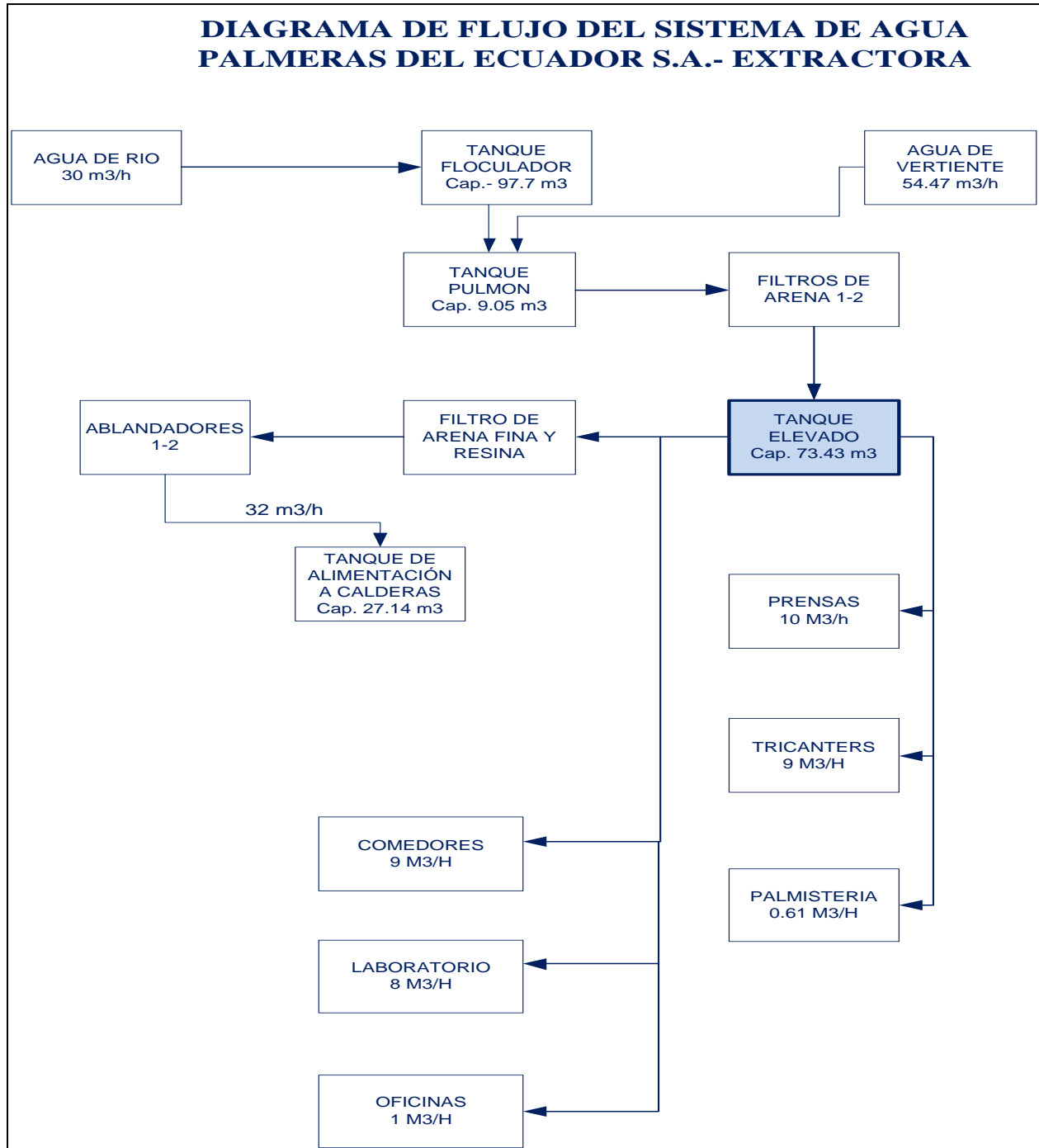
Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Fuente: (PDE, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

1.2.3.2.6. Diagrama de flujo agua y vapor

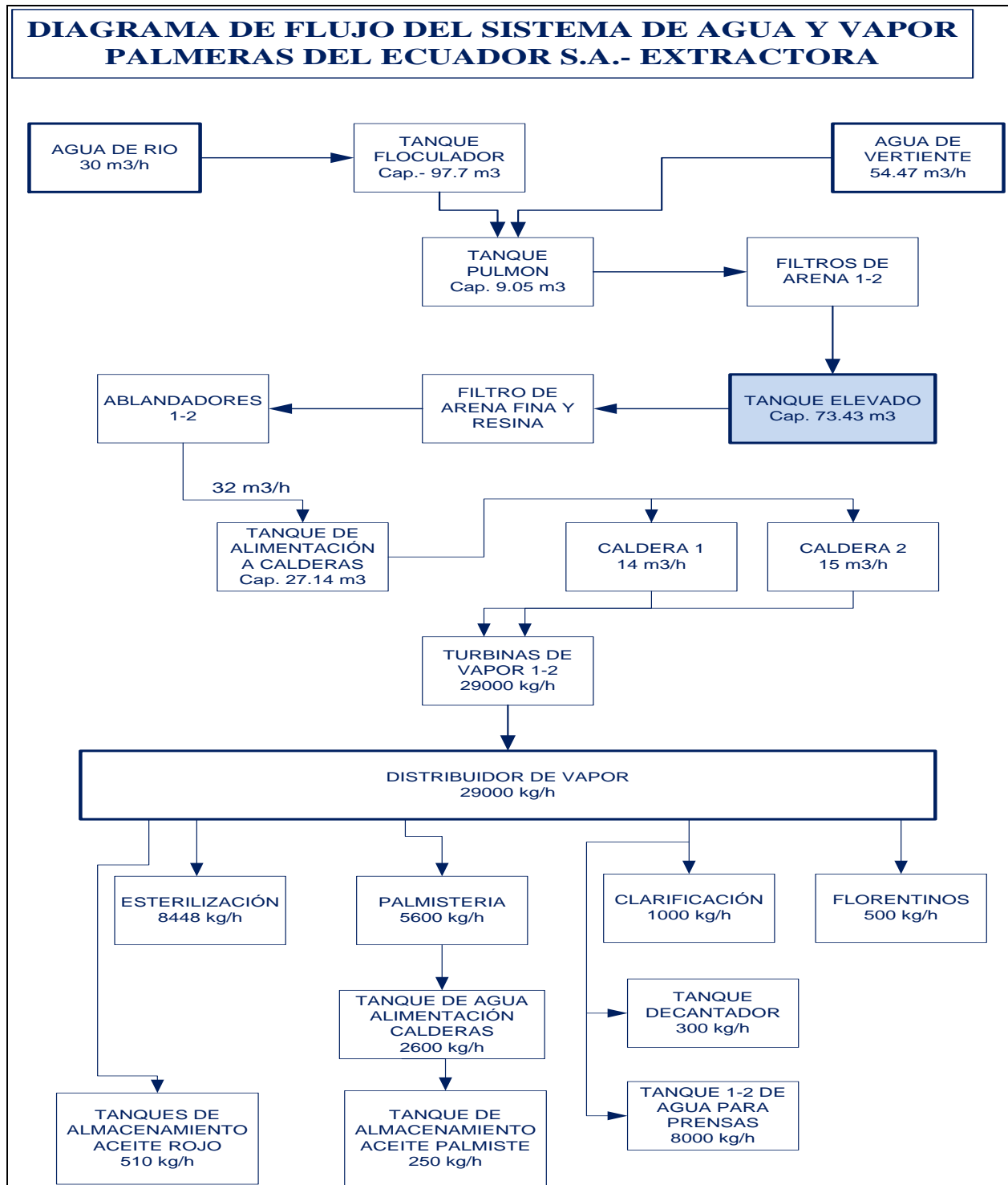
Figura 5: Diagrama de Flujo Agua



Elaborado por: (Trujillo, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 6: Diagrama de Flujo de Agua y Vapor



Elaborado por: (Trujillo, 2014)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3.3. PALMA ACEITERA, Palma africana *Elaeisguineensis Jacq*

La eleia, nombre griego de la palma de aceite que significa oliva y guineensis por su origen geográfico, es una planta tropical originaria de climas cálidos, a lo largo del Golfo de Guinea, localizados generalmente por debajo de los 500 msnm. La mayor superficie mundial de cultivo y derivados, se ubica en Malasia, seguido de Nigeria, Indonesia, Zaire, Costa de Marfil. En el continente americano Colombia y Ecuador poseen importantes parámetros productivos industriales. Las principales zonas de cultivo en el Ecuador se encuentran en Esmeraldas, Quevedo, Santo Domingo y en la región del Oriente Ecuatoriano.

Los rendimientos de producción pueden oscilar de 35 toneladas de fruta seca hectárea/año, uno de los índices, que en términos de rendimientos de aceite tiene promedios de 3 a 5 toneladas de aceite de pulpa por hectárea de cultivo. La cual se usa principalmente como materia prima para el procesamiento de productos comestibles, vitaminas, derivados de grasas especiales, cosméticos, jabones. En fabricación de acero inoxidable, aditivos para lubricantes, tintas industriales, concentrados minerales.

Además se obtiene de una a dos toneladas de aceite de palmiste en la recuperación de la almendra, para la producción de margarita, aceite vegetal, manteca, alimento balanceado para ganado bovino, equino, incluso especies menores. Existe además la enorme tendencia de uso de derivados orgánicos, del proceso, como sustrato o abono orgánico previamente catalizados. El Ecuador exporta a Colombia, México, Chile, Panamá, desde 1992, de forma cada vez más sostenida, con una tasa de crecimiento de más 30% promedio anual. (Vademécum, 2012)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

En general la inflorescencia se produce en las axilas de las hojas, de tipo grande y pinado. La planta de palma posee flores femeninas como masculinas (hermafrodita), de las cuales por cruce producen una alta cantidad de frutos, de forma esférica, ovoide y/o alargada, formando racimos o fruticencias cerrados, macizos, con pesos que oscilan de 10 a 40 kilos.

El estado de madurez de los frutos, se identifica con el cambio de color, que van desde el negro al anaranjado que son los estados de madurez. En el interior se localiza las semillas o almendras que están rodeadas por un endocarpio leñoso rodeado por una pulpa carnosa, de las cuales proviene el aceite. Las hojas se colocan de forma paralela al tronco, cada una de ellas con numerosos foliolos lanceolados, lineales insertados a partir del raquis sobre dos planos regulares. (Vademécum, 2012)

El tallo es un estípote es de tipo erecto, en forma de cono invertido con bases peciolares fuertes cuando está el proceso de madurez. La vida productiva puede llegar a alcanzar más de cincuenta años no obstante a los veinte y cinco su tallo alcanza alturas que dificultan las labores especialmente la cosecha. Este parámetro determina el momento en el cual es necesario que se empiecen a realizar renovación de la plantación.

El materia genético que ha cobrado importancia en el país, es la expansión del germoplasma híbrido Tenera-INIAP (Dura Deli x Pisifera Africano), el cual no produce semilla y se la puede localizar en los principales centros de cultivo de palma del Ecuador. Donde la precipitación debe ser de 1500 a 2000 mm año en suelos con buena permeabilidad generalmente, franco luminoso a franco arcilloso, con pH de 5 a 6.5.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

El brillo solar óptimo mínimo debe ser de 1400 horas/año, temperatura de 24 a 26 °C, con humedades relativas de 75%.

La extracción del aceite rojo es principalmente destinado para la producción de aceites vegetales se la realiza a partir del pericarpio que es la conformación del epicarpio y mesocarpio. De la almendra se extrae el aceite de palmiste, destinado en su mayoría a la elaboración de cosméticos y algunos derivados industriales.

Cada fruto tiene un peso aproximado de 8 a 10 gramos, un árbol de palma puede producir de 12 a 15 racimos por año con un peso promedio de 50 a 60 kilos y de 2000 a 3500 frutos por racimo, se calcula que el rendimiento va de 20 al 30% del peso por kg de aceite por cada racimo. (Vademécum, 2012)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 3: Obtención del fruto híbrido

Morfología del Fruto	
(1) Estigma	(2) Exocarpo
(3) Mesocarpo o pulpa	(4) Endocarpo o cuesco
(5) Endospermo o almendra	(6) Embrión Es difícil diferenciar formas definidas en la palma de aceite. Sin embargo, se distinguen las siguientes variedades:
(7) Dura. Su fruto tiene un endocarpo de más de 2 mm de espesor. El mesocarpo o pulpa contiene fibras dispersas, y es generalmente delgado.	(8) Pisífera. No tiene endocarpo. La almendra es desnuda. El mesocarpo no contiene fibras y ocupa gran porción del fruto. Esta variedad produce pocos frutos en el racimo. Por eso se emplea sólo para mejorar la variedad dura, mediante el cruzamiento.
(9) Tenera. Es el híbrido del cruce entre Dura y Pisífera. Tiene un endocarpo delgado de menos de 2 mm de espesor. En el mesocarpo se encuentra un anillo con fibras.	

Elaborado por: (Pazmiño, 2014), adaptado varios autores.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 7: Foto aérea plantaciones de palma



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 1.2.3.4. SISTEMA DE LAGUNAS ARTIFICIALES

#### 1.2.3.4.1. Definición

En términos generales una laguna de estabilización es un estanque artificial poco profundo cuyo fin es la depuración biológica del agua residual afluyente por medio de la retención de la misma durante varios días, lo cual permite el desarrollo de un ecosistema natural. La depuración es llevada a cabo por diversos mecanismos bioquímicos, que incluyen, entre otros, la oxidación bacteriana de la materia orgánica y la fotosíntesis. (Manga, Molinares, & Arrieta, 2007)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

A diferencia de otros sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales, las lagunas de estabilización no requieren energía externa para su funcionamiento, salvo la proveniente de la luz solar, necesaria para la fotosíntesis.

### 1.2.3.4.2. Clasificaciones de los sistemas de lagunaje

El factor predominante que determina las características de operación de una laguna es la relación entre los metabolitos autótrofos y heterótrofos que ocurren en el interior de los ecosistemas formados en el agua residual.

- Según proceso biológico (relación con la concentración de oxígeno disuelto OD en el cuerpo de agua)

- Lagunas aerobias:

Se caracterizan por las altas concentraciones de OD en toda la masa de agua. Este oxígeno es obtenido mediante dos vías: por fotosíntesis, realizada por las algas durante el día, y por difusión desde el aire a través de la superficie de la laguna.

Por su parte, las bacterias presentes utilizan el oxígeno disuelto como aceptor de electrones en los procesos de degradación y asimilación de la materia orgánica liberando nutrientes, los cuales son aprovechados por las algas para la producción de biomasa. De esta manera se establece una relación simbiótica entre las dos poblaciones.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Las lagunas aerobias son de escasa profundidad, de manera que la luz solar pueda penetrar hasta el fondo de la laguna, lo cual favorece la acción fotosintética de los microorganismos autótrofos. Durante la noche, cuando no hay radiación incidente, las algas realizan el proceso de respiración metabolizando endógenamente parte de su biomasa y liberando dióxido de carbono y residuos orgánicos al medio que serán nuevamente aprovechados al día siguiente durante el ciclo fotosintético. (Manga, et al., 2007)

- Lagunas anaerobias:

Este tipo de lagunas es bastante usado para el tratamiento primario de aguas residuales urbanas e industriales con altas cargas orgánicas. Estas elevadas cargas ocasionan que la demanda de oxígeno supere al oxígeno producido por los microorganismos autótrofos, de manera que no haya OD disponible a través de toda la masa que agua.

Usualmente son diseñadas con profundidades que van desde 3 hasta 5 m; requieren de poca área superficial, debido a las profundidades con que se diseñan; este hecho contribuye a impedir que el oxígeno presente en la atmosfera pueda disolverse en el agua residual para mantener así las condiciones anaerobias. (Manga, et al., 2007)

La eficiencia de remoción para este tipo de lagunas no es tan alta como la que se obtiene con otro tipo de lagunas como las aireadas o las facultativas. Los porcentajes de remoción de DBO5 oscilan entre 50 y 70%. Por esta razón, generalmente van seguidas por lagunas facultativas.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Una de las principales desventajas es el olor que se produce, bajo condiciones de ausencia de oxígeno, las bacterias reducen el sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) presente en el agua residual y lo convierten en ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), el cual posee un olor nauseabundo, como los huevos podridos.

- Lagunas facultativas:

Es el tipo de lagunas más comúnmente usado para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas y medianas poblaciones. Son de muy bajo costo de construcción y operación; sin embargo requieren de la disponibilidad de grandes extensiones de tierra para poder obtener una buena capacidad de remoción de materia orgánica. Generalmente poseen profundidades entre 1 y 2m, con tiempos de retención hidráulica entre 10 y 40 días.

La eficiencia de remoción de los sistemas facultativos de lagunaje oscila entre 75 y 85%; no obstante, dada la dependencia de los procesos autótrofos respecto a las condiciones medioambientales, la capacidad de tratamiento puede verse reducida por la nubosidad o baja intensidad de radiación solar.

-Según grado de tratamiento (dependiendo de los efectos que se desee que tenga el tratamiento sobre el efluente)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Lagunas primarias:

Son las lagunas que reciben el agua residual bruta directamente de la red de alcantarillado o proveniente de un pre tratamiento (desarenado y desbaste). La función de estas lagunas es actuar en buena parte como un decantador primario, la mayor parte de la materia orgánica suspendida es retenida en ellas y posteriormente degradada, bajo condiciones anaerobias generalmente, lo cual produce un efluente parcialmente clarificado. El diseño de estas lagunas es fundamental, ya que de ellas depende el buen desempeño de todo el sistema de lagunaje. Comúnmente se emplean lagunas anaerobias para esta etapa de tratamiento.

- Lagunas secundarias:

Una vez el agua residual ha sido sometida a tratamiento primario (desbaste, desarenado y sedimentación primaria), se acostumbra a hacerla pasar por esta clase de lagunas. Por tanto, su función es exclusivamente completar la fase del tratamiento primario para lograr las características fisicoquímicas requeridas para el efluente. Los tipos de lagunas empleados para esta tarea son, las lagunas facultativas y aireadas. (Manga, et al., 2007)

- Lagunas terciarias o de maduración o de pulimento:

Son aquellas cuyo afluente es un agua con una DBO estabilizada casi en su totalidad y cuya tarea es mejorar las características biológicas, fisicoquímicas y eutróficas de la misma.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

-Principales Ventajas de Implementación:

- Simplicidad:

Las lagunas de estabilización son el tipo de tratamiento biológico más primitivo y simple de los que se emplean en la actualidad. Para su construcción no se requiere estructuras civiles complejas; principalmente, la labor constructiva se va en la excavación y la adición de algunos dispositivos de entrada, salida y protección para los taludes, así como un pre tratamiento, que depende de las características del agua residual. (Manga, et al., 2007)

En cuanto a su operación y mantenimiento, las labores son en extremo sencillas, como cortar el pasto de la zona de los taludes, remover materia flotante de la superficie de la laguna, entre otras. Por tal motivo no se necesita contar con el personal calificado como sería en el caso de otro sistema de tratamiento.

- Bajos costos

A excepción de las lagunas aireadas, los sistemas de lagunaje son generalmente mucho más económicos que los demás sistemas de tratamiento bajo los mismos requerimientos de calidad del efluente. Dado que no requieren consumo de energía externa para el funcionamiento de dispositivos electromecánicos, los costos de operación y mantenimiento se ven reducidos considerablemente.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Alta eficiencia:

Además de los bajos costos de mantenimiento y operación y la sencillez inherente a estos sistemas, se pueden obtener con su uso eficiente de tratamiento que permiten satisfacer los requerimientos de las legislaciones ambientales vigentes en los diversos países en los que se emplean. Actualmente es posible conseguir, con un buen diseño, remociones superiores al 90% en DBO, de 70 al 90% en nitrógeno total, de 30 al 45% en fósforo y de más del 99% en microorganismos patógenos como bacterias coliformes fecales. (Manga, et al., 2007)

La estabilidad de los ecosistemas que se generan en el interior de la laguna es tal que pueden resistir cambios en las cargas orgánicas e hidráulicas, e incluso soportar niveles altos de ciertos metales pesados; sin consecuencia en la calidad del efluente.

### 1.2.3.5. AGUA

El agua es una molécula, formada por 2 átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. El agua es un líquido en condiciones normales, la explicación se debe a que la unión del O-H, no es un enlace covalente perfecto, participando en la unión una atracción electrostática, con distribución de carga, positiva en los hidrógenos y negativa en el oxígeno. (Prieto, 2004)

El átomo deja de ser neutro eléctricamente si pierde o capta electrones y forma en ambos casos iones. Un ion es un átomo o grupo atómico con cargas eléctricas libres.

Si un átomo cede electrones, queda cargado positivamente (+) y se denomina catión. Si los capta, queda cargado negativamente (-) y se denomina anión. (Sierra, 2011)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Agua cruda: es el agua que no ha recibido ningún tratamiento físico o químico.
- Agua residual: es el agua que ha sufrido contaminación.
- Aguas de alimentación: se denomina así, a las aguas, que pasan por un proceso de ablandamiento, y se encuentran en condiciones óptimas de ingresar a una caldera o sistemas de enfriamiento.

### 1.2.3.6. ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS

Son aquellos análisis a los que se somete al agua para caracterizarla. Se los realiza meticulosamente bajo estándares normalizados, “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Vigésima ed.)*”, para evitar sesgos en los resultados.

### 1.2.3.7. ANÁLISIS VOLUMÉTRICO TITULACIÓN

El análisis volumétrico es uno de los métodos más popular de análisis usados en ingeniería ambiental. Por ejemplo la determinación de OD, DQO, cloruros, alcalinidad, acidez, dureza etc., se hace por medios volumétricos o titulaciones. (Romero, 2002) La titulación es el proceso de analizar el contenido de una sustancia determinando el volumen requerido de una solución estándar para completar una reacción particular en una cantidad conocida de muestra.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

En general, en los análisis de titulación se cuantifican la cantidad o concentración de una sustancia mediante la expresión.

Ecuación

$$x = \frac{(mL \text{ de titulador})N * Eg * 1.000}{mL \text{ de muestra}} \quad (1)$$

Dónde:

X= sustancia determinada o de expresión de la concentración

N= normalidad del titulador

Eg= equivalente gramo de X

### 1.2.3.7.1. Buffer o acción tampón

Se denomina acción tampón aquella capaz de mantener, prácticamente, un pH invariable cuando se añaden a la solución pequeñas cantidades de ácido o de base.

Un tampón conocido también como buffer puede definirse como la combinación de compuestos o sustancias que tiene el poder de mantener un pH de una solución prácticamente invariable, dentro de ciertos límites, a pesar de que se añadan a la solución pequeñas cantidades de ácido o de base; son sustancias en solución que ofrecen resistencia a los cambios de pH.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

El mecanismo de la acción tampón, es decir la forma en la cual una solución con tampones mantienen un pH más o menos constante cuando se le añade pequeñas cantidades de ácido o base, puede explicarse al considerar que una solución buffer es generalmente una mezcla de ácidos débiles y sus sales, o de bases débiles o sus sales.

El efecto tampón es el resultado de la formación de una cantidad de ácido o base débil equivalente a la cantidad de ácido o base fuerte agregada a la solución. (Romero, 2002)

### 1.2.3.8. PARÁMETROS FÍSICOS

#### 1.2.3.8.1. Sólidos

Para dar un diagnóstico acerca de la calidad del agua, es necesario determinar la cantidad de material sólido que contiene la muestra. El primer tipo de sólidos de importancia para determinar la calidad del agua son los sólidos totales (ST). Los ST se definen como todo el material que quedaba después de evaporar el agua a 105 °C, es decir, ST es todo aquello presente en la muestra, excepto agua. (Sierra, 2011)

- Los sólidos sedimentables:

Se definen como material que se sedimentara en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables se expresan en ml/L.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Los sólidos totales:

Se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La cantidad y naturaleza de los sólidos presentes en el agua varía ampliamente. En el agua la mayoría de los sólidos se hayan disueltos (SD) y consisten principalmente en sales y gases.

- Los sólidos disueltos

Se calculan pasando la muestra por un papel filtro y luego determinando los sólidos totales del filtrado. Si se somete la muestra filtrada a evaporación en una mufla a aproximadamente 600 °C y se pesa el residuo se obtiene los sólidos disueltos fijos (SDF). Por diferencia se determinan los sólidos disueltos volátiles (SDV).

- Los sólidos suspendidos (SS)

Se determinan restando los sólidos disueltos de los sólidos totales. Los SS son, tal vez, el tipo de sólidos más importantes de determinar en los estudios de calidad del agua en nuestro medio, principalmente porque se utilizan para el cobro de las tasas retributivas y el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. (Sierra, 2011)

Las diferentes formas de sólidos propuestos indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico. Con los sólidos totales se puede establecer relaciones con otros parámetros como la DQO y DBO, la turbiedad y color.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3.8.2. pH

Originan cambios en la fauna y la flora de los cuerpos de agua. Ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, hidrogeno sulfurado, etc.

### 1.2.3.8.3. Temperatura

Las variaciones de este parámetro en las corrientes de agua generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y la flora presente en él; elevan el potencia toxico de ciertas sustancias disueltas en el agua y originan la disminución del oxígeno disuelto, lo que conduce a condiciones anaeróbicas de la corriente. (Sierra, 2011)

### 1.2.3.8.4. Conductividad

Se mide en  $\mu\text{mhos/cm}$  o  $\mu\text{S/cm}$ . Indica la presencia de sales en forma ionizada, como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc. Permite establecer relaciones e interpretación de resultados, con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua. Es la mejor medida indirecta de la salinidad. (Sierra, 2011)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3.9. PARÁMETROS QUÍMICOS

#### 1.2.3.9.1. Alcalinidad

La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. La alcalinidad puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (sustancias caracterizadas por el radical OH-, por ejemplo la soda caustica NaOH). (Sierra, 2011)

La alcalinidad se reconoce por la presencia de los iones,

- [OH-],
- [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] y
- [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>].

En las aguas naturales la alcalinidad se debe a la presencia de iones [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] y [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] los cuales ingresan al agua debido a la acción del CO<sub>2</sub> sobre los materiales naturales del suelo.



Dónde:

CaCO<sub>3</sub>=Componente natural del suelo

Ca[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] =Alcalinidad al bicarbonato

CaCO<sub>2</sub>=Alcalinidad al carbonato

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

La alcalinidad también puede ser ocasionada por la presencia de bases fuertes en el agua. Estas bases llegan al agua, debido principalmente a la contaminación industrial, como por ejemplo la sosa caustica (NaOH), el ion hidroxilo [OH<sup>-</sup>] es el causante de la alcalinidad. A este tipo de alcalinidad se le conoce como alcalinidad el hidróxido o alcalinidad al [OH<sup>-</sup>]. (Sierra, 2011)

La alcalinidad es importante en la calidad del agua por diferentes razones:

- ✓ En las concentraciones da un sabor desagradable al agua.
- ✓ La razón más importante es que la alcalinidad controla el proceso de coagulación en el tratamiento del agua potable, y la digestión anaerobia en el caso del tratamiento del agua residual.

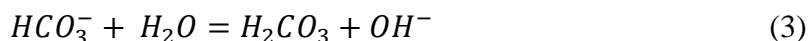
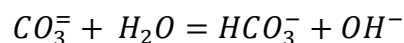
La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua.

La alcalinidad del agua se determina por titulación con ácido sulfúrico 0,02 N, y se expresa como mg/L de carbonato de calcio, equivalente a la alcalinidad determinada.

Los iones H<sup>+</sup> procedentes de la solución 0.02N de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> neutralizan los iones OH<sup>-</sup> libres y los disociados por conceptos de la hidrolisis de carbonatos y bicarbonatos. (Romero, 2002)

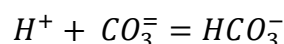
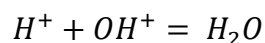
## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Las reacciones de hidrolización son las siguientes:



La titulación se efectúa en dos etapas sucesivas, definidas por los puntos de equivalencia para los bicarbonatos y el ácido carbónico, los cuales se indican electrométricamente o por medio de indicadores.

En la titulación con  $H_2SO_4$  (0,02N), los iones hidrógeno del ácido reaccionan con la alcalinidad de acuerdo con las siguientes ecuaciones:



Los indicadores más utilizados para determinar alcalinidad son: fenolftaleína, metil naranja, metacresol purpura y el bromocresol verde. La fenolftaleína da un color rosado a pH mayores de 8,3 y vira a incolora por valores de pH menores de 8,3; el metil naranja es de color amarillo en presencia de las formas de alcalinidad, es decir a pH mayor de 4,5, y vira a color naranja en condiciones ácidas; el metacresol purpura cambia de color a pH 8,3 y el bromocresol verde lo hace a pH 4,5. (Romero, 2002)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 4: Clasificación del agua según el tipo de Alcalinidad

<b>Rango</b>	<b>Denominación</b>
<b>Baja</b>	<75
<b>Media</b>	75-150
<b>Alta</b>	>150

*\*La Alcalinidad se expresa en ppm como CaCO<sub>3</sub>*

Fuente: (Romero, 2002)

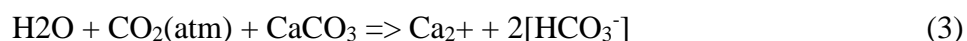
#### 1.2.3.9.2. Dureza

Se denomina dureza a la propiedad que tienen ciertas aguas de cortar el jabón, es decir, requieren grandes cantidades de jabón para producir espuma. Las aguas duras también tienen la particularidad de que a elevadas temperaturas forman incrustaciones en los equipos mecánicos y tuberías. Por ejemplo, cuando el agua que alimenta una caldera es dura se forman incrustaciones que llegan a taponarla y en muchos casos han llegado hasta a hacerla explotar.

Las aguas duras, fuera de las molestias ocasionadas con el jabón, no presentan ningún problema sanitario. Sin embargo, si van a ser utilizadas en la industria deben ser tratadas. El proceso que se utiliza para remover la dureza se llama ablandamiento o suavización. (Sierra, 2011)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

La dureza es ocasionada por la presencia de cualquier catión bivalente en el agua, principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . La dureza ingresa al agua en el proceso natural disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo.



Dónde:

$\text{CaCO}_3$ =Carbonato componente natural del suelo

$[\text{HCO}_3^-]$ =Alcalinidad al bicarbonato

En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse de la siguiente manera:

Tabla 5: Clasificación del agua según el tipo de dureza

Rango	Denominación
0 – 75 mg/L	Blanda
75 – 150 mg/L	Moderadamente Blanda
150 – 300 mg/L	Dura
> 300 mg/L	Muy Dura

*\*La dureza se expresa en mg/L como  $\text{CaCO}_3$*

Fuente: (Romero, 2002)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Los agentes causantes de la dureza son principalmente los iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua formar incrustaciones.

En la siguiente tabla se puede identificar los principales cationes causantes de la dureza en el agua y los principales aniones asociados con ellos. (Romero, 2002)

Tabla 6: Principales Cationes y Aniones relacionado con la dureza del agua

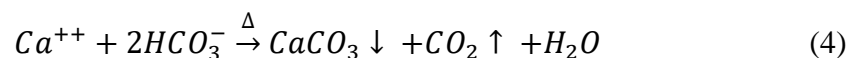
Cationes	Aniones
$\text{Ca}^+$	$\text{HCO}_3^-$
$\text{Mg}^{++}$	$\text{SO}_4^-$
$\text{Sr}^{++}$	$\text{Cl}^-$
$\text{Fe}^{++}$	$\text{NO}_3^-$
$\text{Mn}^{++}$	$\text{SiO}_3^-$

Fuente: (Romero, 2002)

La dureza carbonácea también se denomina “dureza temporal” o “no permanente”, debido a que desaparece cuando se hierve el agua, o se precipita mediante ebullición prolongada.

Esta reacción se da porque los bicarbonatos sirven como fuente de iones carbonato para precipitar  $\text{Ca}^{++}$  como  $\text{CaCO}_3$  a elevadas temperaturas, y es principalmente lo que sucede en las calderas. (Romero, 2002)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS



La precipitación de la dureza carbonácea produce una incrustación o depósito suave que puede removerse fácilmente mediante soplado y agua a presión.

La dureza no carbonácea, es toda dureza que químicamente no esté relacionada con bicarbonatos, en este grupo se incluyen los sulfatos, cloruros y nitratos. La evaporación de aguas, que contienen estos iones produce cristalización y como resultado una incrustación dura y frágil en las paredes y tubos de calderas y calentadores. Este tipo de incrustaciones provoca pérdidas en la conductividad del calor y para contrarrestar esta pérdida se consume mayor cantidad de combustible por kilogramo de vapor. (Romero, 2002)

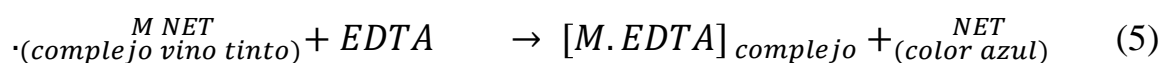
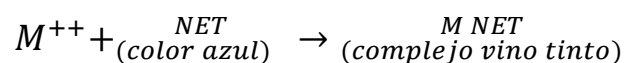
Método EDTA para determinar dureza.

Este método involucra el uso de soluciones de ácido etileno diaminotetraacético (EDTA) o de sus derivados como sus sales de sodio como agente titulador. Este tipo de soluciones forman “iones complejos solubles” con Ca, Mg y otros iones causantes de dureza.

El indicador negro cromo T, o negro eriocromo T, con su abreviación (NET), sirve para indicar cuando todos los iones Ca y Mg han formado complejo con EDTA. Cuando se añade una pequeña cantidad de NET, en agua dura con pH  $10 \pm 1$ , el indicador se combina con algunos iones  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  para formar un ion complejo débil de color vino tinto. (Romero, 2002)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Durante la titulación con EDTA, todos los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  libres forman complejos; finalmente, el EDTA descompone el complejo débil vino tinto para formar un complejo más estable con los iones responsables de la dureza. Esta acción libera el indicador NET y la solución pasa de color vino tinto a azul, lo cual indica el punto final de titulación. Las reacciones descritas se pueden representar de la siguiente manera.



### 1.2.3.9.3. Hierro

El hierro está presente en suelos y minerales, como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro,  $\text{FeS}_2$ . En algunas aguas se presentan también como carbonato ferroso, es muy poco soluble. La relación del hierro de la caldera y el agua se acelera con el oxígeno, los oxígenos ferrosos de forma localizada originan poros en el metal. (Colcha, 2013)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3.9.4. Sílice

El silicio es después del oxígeno, el elemento más abundante de la corteza terrestre. Aparece como óxido (sílice) en el cuarzo y la arena y se combina con los metales en forma de variados silicatos minerales complejos, especialmente en las rocas ígneas. La degradación de la roca que contiene sílice explica su presencia en las aguas naturales. Con frecuencia, las aguas volcánicas y geotérmicas contienen sílice en abundancia. (APHA, 1999)

Los depósitos de sílice, semejantes a los del vidrio, inhiben la transferencia térmica provocando quemaduras, además la presencia de sílice en el agua supone un problema industrial debido a la formación de placas de sílice y silicatos en el equipo, difíciles de eliminar, especialmente en las paletas de las turbinas de vapor con presión elevada reduciendo la eficiencia. (Colcha, 2013)

### 1.2.3.10. CALDERA

#### 1.2.3.10.1. Que es una caldera

Una caldera es un recipiente en el cual el agua se vaporiza continuamente, por la aplicación de calor. Un objeto principal en el diseño de una caldera es proporcionar la mayor eficiencia posible de absorción de calor. Entre otros objetivos están la proporción de vapor puro y tener una operación segura y confiable. (Nalco, 1995)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 1.2.3.10.2. Tratamiento del agua de calderas

La presión y el diseño de una caldera determinan la calidad del agua que requiere para la generación del vapor. El agua municipal o de alguna planta, que sea de buena calidad para uso doméstico, rara vez es lo bastante buena como agua de alimentación de caldera. (Nalco, 1995) La secuencia de tratamiento depende del tipo y concentración de los contaminantes hallados en el abastecimiento de agua y calidad deseada del agua terminada con el fin de evitar los 3 mayores problemas en los sistemas de calderas: depósitos, corrosión y arrastres.

Los depósitos, en particular las incrustaciones, se pueden formar sobre cualquier superficie de un equipo lavado con agua, especialmente en los tubos de las calderas, en cuanto las condiciones de equilibrio en el agua en contacto con estas superficies sean perturbadas por una fuerza externa, como el calor. Cada contaminante tiene una solubilidad definida en agua, y se precipita cuando aquella sea excedida. Si el agua está en contacto con una superficie caliente y la solubilidad de los contaminantes es menor a mayores temperaturas, el precipitado se formará sobre la superficie, causando una incrustación. (Nalco, 1995) Los componentes más comunes de los depósitos de calderas son fosfato de calcio, carbonato de calcio (en calderas de baja presión), hidróxido de magnesio, varias formas de óxido de hierro, sílice adsorbida en los precipitados antes mencionados, y alúmina. Si se usan sales de fosfatos en el tratamiento del agua de la caldera, el calcio precipitará preferentemente como fosfato antes de precipitar como carbonato, y el fosfato de calcio se convertirá en la característica más importante del depósito. La temperatura dentro del horno de caldera está muy por encima del intervalo crítico de temperatura (427 a 732°C).

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

El agua que circula a través de los tubos, normalmente aleja el calor del metal, evitando que el tubo alcance este intervalo. Los depósitos aíslan el tubo y reducen la tasa a la que pueden quitarse este calor; esto lleva a un sobrecalentamiento y a una ruptura del tubo. Si el depósito no es lo bastante grueso como para causar tal ruptura, todavía puede causar una importante pérdida en la eficiencia así como una interrupción de la carga de transferencia de calor en otras secciones de la caldera. (Nalco, 1995)

En la mayor parte de calderas industriales, cuando están operando, pocas veces es posible evitar la formación de algún tipo de precipitado en cierto momento. Casi siempre hay algunas partículas en el agua de circulación de la caldera, que pueden depositarse en las secciones de baja velocidad, como tanque de lodo.

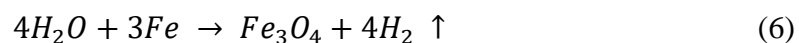
El segundo problema importante relacionado con el agua de las calderas es la corrosión; el ejemplo más común es el ataque del acero por el oxígeno. Esto sucede en los sistemas de abastecimiento de agua, en las calderas, en las líneas de retorno del condensado, y virtualmente en cualquier porción del sistema de servicios en donde exista oxígeno presente.

El ataque del  $O_2$  se acelera por altas temperaturas y por un pH bajo. Un tipo de corrosión menos frecuente es el ataque alcalino, que puede ocurrir en calderas de alta presión donde el caustico puede concentrarse en un área local de formación de burbujas de vapor debido a la presencia de depósitos porosos. (Nalco, 1995)

Aunque la eliminación del oxígeno del agua de alimentación de la caldera es el paso más importante para controlar la corrosión de la caldera, dicha corrosión puede ocurrir de todos

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

modos. Un ejemplo es el ataque directo de la superficie de acero de la caldera por el vapor a temperaturas elevadas, de acuerdo con la siguiente reacción:



Este ataque puede ocurrir en las superficies de las calderas recubiertas de vapor en donde el flujo restringido del agua de la caldera causa sobrecalentamiento.

El tercer problema importante relacionado con las operaciones de las calderas son los arrastres desde la caldera hacia el sistema del vapor. Esto puede ser un efecto mecánico, como cuando el agua de la caldera se rocía alrededor de una mampara rota; puede deberse a la volatilidad de ciertas sales de agua de la caldera, como la sílice y los compuestos de sodio; o puede ser causado por el espumado. (Nalco, 1995) Los arrastres son con mucha frecuencia un problema mecánico, y las sustancias químicas que se encuentran en el vapor son las que originalmente están presentes en el agua de la caldera, más los compuestos volátiles que se destilan de la caldera aun en ausencia de rocío.

Existen 3 medios básicos para mantener estos importantes problemas bajo control:

- ✓ Tratamiento externo del agua: reemplazo, condensado, o ambos antes de que entre a la caldera, para reducir o eliminar sustancias químicas (como dureza o sílice), gases o sólidos.
- ✓ Tratamiento interno del agua de alimentación de la caldera, agua de la caldera, vapor, o condensado, con productos químicos correctivos.
- ✓ Purgado-control de la concentración de productos químicos en el agua de la caldera por el dragado de una porción del agua de la caldera.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### Tratamiento externo

La mayor parte de las operaciones unitarias del tratamiento de agua pueden usarse solas o en combinación con otras para adaptar cualquier abastecimiento de agua a cualquier sistema de caldera.

El programa de tratamiento de la caldera apunta al control de siete clasificaciones amplias de impurezas: sólidos suspendidos, dureza, alcalinidad, sílice, sólidos disueltos (SDT), materia orgánica, y gases.

Sólidos suspendidos: la remoción de SS se logra por coagulación/floculación, filtración, o precipitación. Por lo general, los procesos unitarios requieren una remoción previa de los sólidos.

Dureza: cierto número de operaciones unitarias remueven el calcio y magnesio del agua. El intercambio de sodio remueve la dureza y no hace nada más, otros procesos proporcionan beneficios adicionales.

Alcalinidad: es deseable tener alguna alcalinidad en el agua de la caldera, así que rara vez se lleva a cabo una remoción completa de la alcalinidad de reemplazo de la caldera, excepto en la desmineralización.

Sílice: las concentraciones permisibles de sílice en el agua de caldera a varias presiones de operación. La reducción de la sílice con siempre es necesaria, sobre todo en ausencia de una turbina de condensación. Las bajas concentraciones de sílice pueden producir a veces lodos pegajosos en las calderas de baja presión tratadas con fosfato.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Sólidos disueltos totales: algunos procesos de tratamiento aumentan los sólidos disueltos al añadir subproductos solubles al agua; al ablandamiento con zeolita se sodio aumenta los sólidos en virtud de la adición de un ion (sodio) que tiene un peso equivalente (23) más alto que el calcio (20) o el del magnesio (12,2) que se remueven del agua cruda. Por lo general, la reducción de los sólidos disueltos se logra por una reducción de varios contaminantes individuales.

### 1.2.4. HIPÓTESIS

¿Es posible reutilizar las aguas efluentes provenientes del sistema de lagunas artificiales del proceso de extracción de aceite, en actividades productivas de la planta extractora “Palmeras del Ecuador”- Shushufindi?

### 1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

- Las variables dependientes son los parámetros específicos que se van analizar, estos son: Sólidos totales, dureza, alcalinidad, sílice, hierro, pH, conductividad, temperatura.
- La variable independiente es la calidad del agua a reutilizarse.

## CAPÍTULO II.

### MÉTODO

#### 2.1. NIVEL DE ESTUDIO

El efluente proveniente del sistema de lagunas artificiales se sometió a un estudio y caracterización específico, de manera tal que los parámetros medidos determinaron la calidad del agua para incorporarla nuevamente al proceso de extracción.

#### 2.2 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizaron 4 salidas a las instalaciones de Palmeras del Ecuador, en Shushufindi; con la finalidad de completar el número de muestras, especificados en el procedimiento de recolección de muestras 1060B, Métodos Normalizados. (APHA, 1999) En total se obtuvieron 32 muestras procedentes del sistema de tratamiento de efluentes del pantano 8 y captación de agua en la extractora “Palmeras del Ecuador”. Las muestras fueron analizadas para mediciones “in situ” (pH, conductividad, temperatura), para lo cual se siguió el procedimiento 1060B, para cadena de vigilancia y transporte de las muestras hasta los laboratorios de Universidad Internacional SEK en Quito. El volumen mínimo fue de 2L para realizar los análisis físicos y químicos correspondientes.

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

## 2.3 METODOLOGÍA

Después de la toma de muestras del efluente, se analizó cada muestra para determinar los valores de los parámetros seleccionados.

### 2.3.1 TRABAJO DE CAMPO

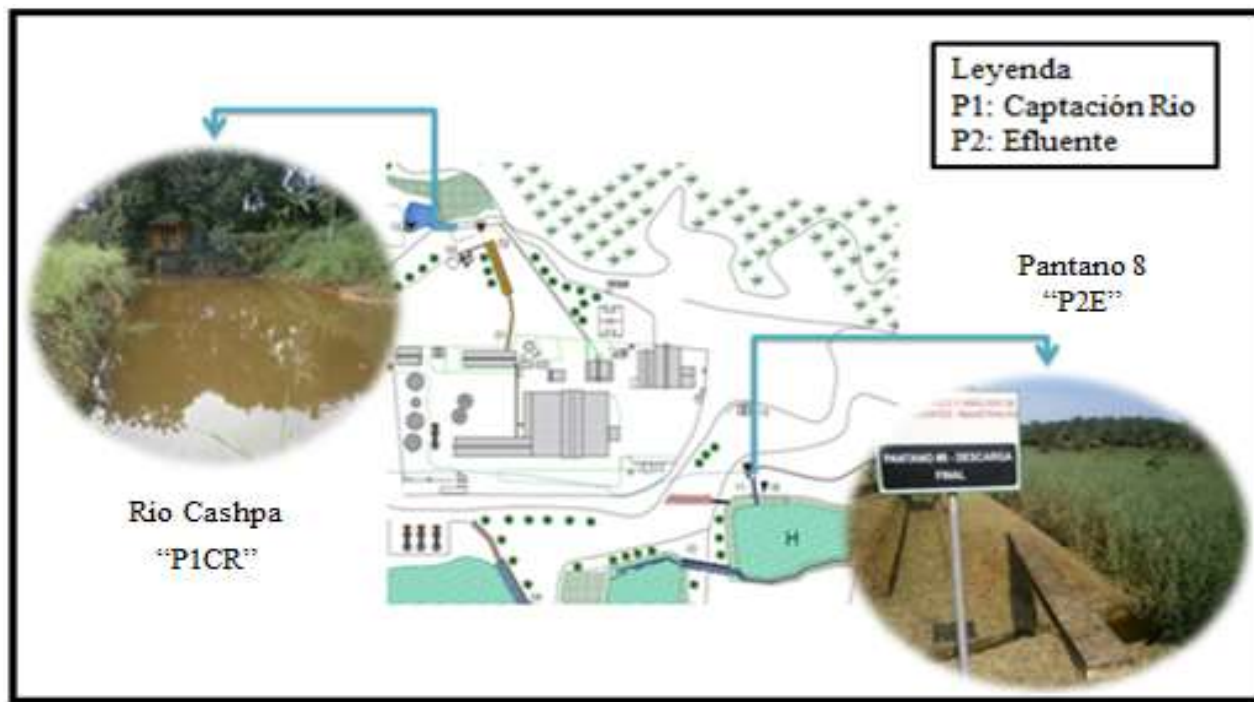
El muestreo de aguas se realizó en las instalaciones industriales de Palmeras del Ecuador S.A, ubicado en Shushufindi, provincia de Sucumbíos.

Teniendo que en cuenta que las corrientes y descargas de aguas residuales varían en su composición cuantitativa y cualitativa en el tiempo y pueden no estar uniformemente mezcladas en el sitio donde se toma la muestra (Sierra, 2011), se investigó el sitio idóneo para la toma de muestras, iniciando con una visita de reconocimiento al área de trabajo que incluyó, la planta extractora, sistema de tratamiento para los efluente provenientes del proceso y área de ingreso de agua a la planta.

Finalmente se determinó que el sitio apropiado para el muestro, que proporciona representatividad en cada muestreo, se los identifico de la siguiente manera:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 8: Ubicación de los puntos de muestro



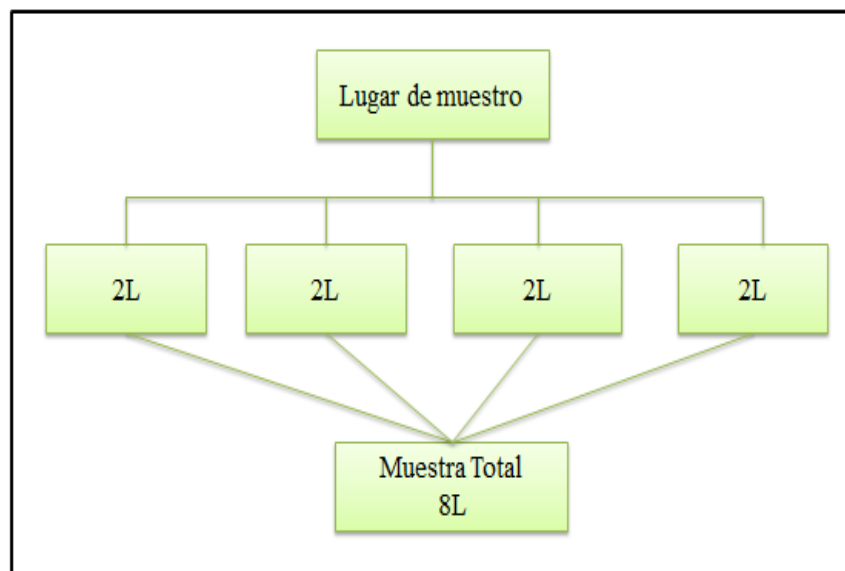
Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 2.3.1.1 Tipo de muestra

Se utilizó una muestra compuesta de acuerdo al procedimiento, que consta de volúmenes parciales, tomadas en forma proporcional al tiempo, que se mezclaron para formar la muestra total (Sierra, 2011), la cual se analizó en el laboratorio de la Universidad Internacional SEK.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 9: Preparación de muestra compuesta



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Los volúmenes individuales, se recogieron con un envase plástico de abertura amplia, (aproximado 10cm) y con capacidad de 1L; por esta razón las muestras se realizaron 2 veces para seguir con el procedimiento de muestreo y cumplir los 2L por cada hora de muestreo.

Previamente al recipiente, se le realizó un lavado con agua destilada y con 3 enjuagues del agua que se va a recoger, con la finalidad de evitar cualquier tipo de contaminación durante el muestreo y garantizar la calidad de los resultados y que estos representen la composición real de la muestra.

El volumen total muestreado por cada jornada fue de 16L, este volumen nos permite realizar todos los análisis programados, más una cantidad adicional de 2L en caso, de repetir, análisis dudosos o adicionales.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

La muestra se recolectó manualmente, esto permitió reconocer cualquier característica especial en la misma.

Figura 10: Equipo muestro y análisis in situ



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 2.3.1.2 Identificación de las muestras

Todas las muestras tomadas, fueron identificadas inmediatamente de acuerdo a las etiquetas que se detallan a continuación. Durante todo el transcurso del muestro se llevó un recipiente adicional y etiquetas en el caso se presente alguna evento no planificado.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 7: Formato utilizado para identificar muestras de agua

Localización			
Sitio de la muestra			
Identificación de la muestra			
Origen de la muestra			
Tipo de muestra			
Fecha		Hora	
Responsable			
Observaciones			

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 8: Ficha de registro de campo

Localización		Shushufindi	
Sitio de la muestra		Ingreso de agua a la planta Rio Cashpa	
Identificación de la muestra		P1CR “Captación río”	
Origen de la muestra		Agua residual industrial	
Tipo de muestra		Compuesta	
Fecha	27/3/2014	Hora	8:40 a.m
Datos In Situ			
pH = 6,04		Temperatura= 25°C	
Conductividad= 65,5 $\mu$ s/cm		Oxígeno Disuelto= 5,88 mg/L	
Responsable: Alejandra Pazmiño			
Observaciones: la muestra presenta un color característico de río amarillento cristalino, no presenta olor.			

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 2.3.1.3 Manejo y transporte de las muestras

La finalidad del manejo y transporte de las muestras es que cumpla los requisitos del programa de toma y manipulación evitando que se deteriore o contamine antes de llegar al laboratorio. (APHA, 1999)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBIÓS

Para evitar que ocurran reacciones químicas, físicas o biológicas que alteren los resultados o valores de ciertos parámetros, en el transcurso de la toma de muestra y el análisis en el laboratorio, se debe preservar la muestra mediante el uso de hielo químico y una nevera portátil (cooler), para traslado de las muestras hacia los laboratorios de la UISEK ubicados en Carcelén en la ciudad de Quito. Como medida de seguridad los envases se cerraron herméticamente para evitar contaminación y pérdidas durante el transporte, adicional la nevera portátil (cooler) se selló y etiquetó para evitar confusiones y alteraciones.

Figura 11: Esquema transporte de muestras



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 2.3.2 METODOLOGÍA DE LABORATORIO

Una vez que las muestras llegaron a su destino final (Laboratorio UISEK), se procedió a su registro y almacenamiento.

#### 2.3.2.1 Dureza

##### Materiales

Vasos de precipitación (100mL)

Pipeta (5mL)

Bureta

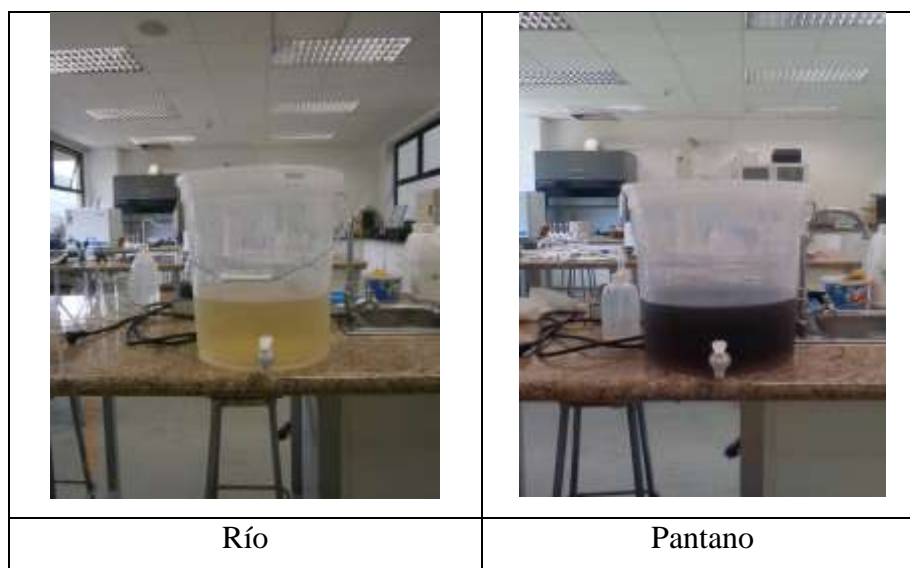
Pera de succión

##### Procedimiento

Para determinar la dureza, se procedió a homogenizar las muestras, de los envases, en un solo recipiente, con la finalidad de tener una muestra representativa. Para cada ensayo se realizó tres repeticiones, disminuyendo la incertidumbre de error.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 9: Homogenización de las muestras



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

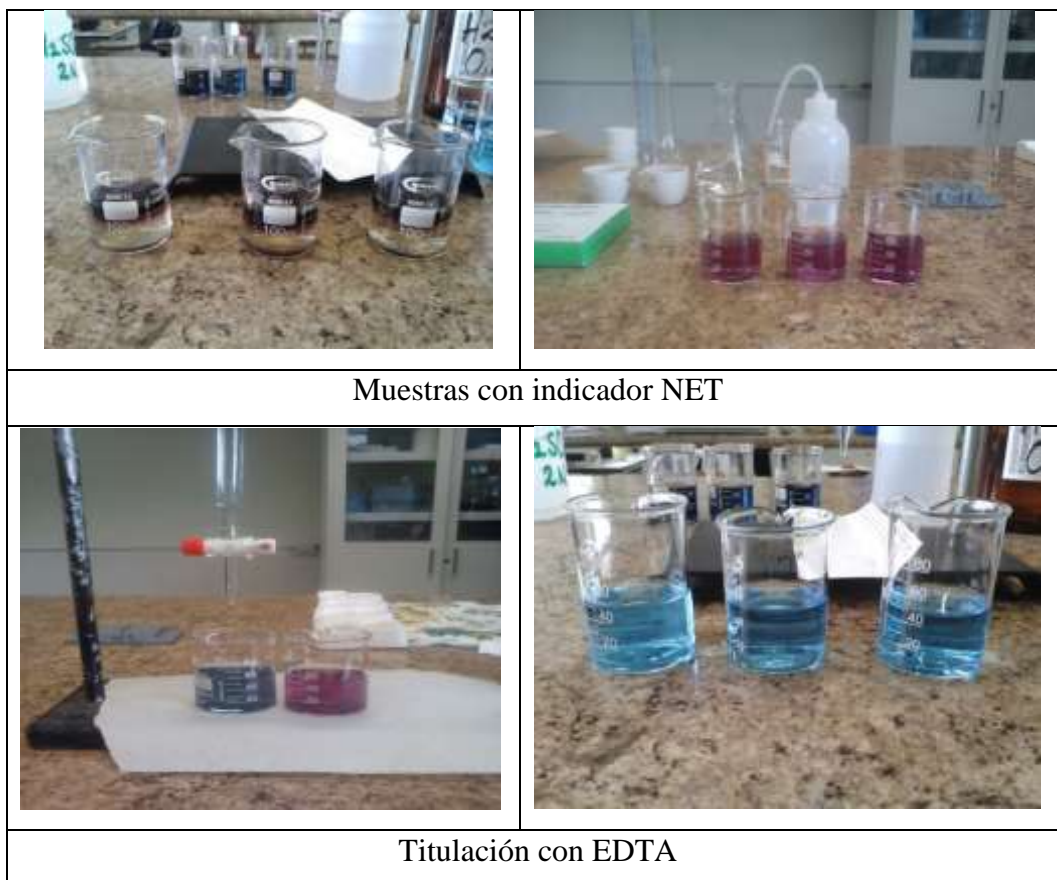
Se colocó 10 mL de muestra en vasos de precipitación (100 mL), se añadió 5 mL de solución *buffer* o solución tampón pH 10, posteriormente se agregó 6 gotas del indicador negro eriocromo T (NET), se pudo observar el cambio de color a vino; finalmente se tituló con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), hasta el momento que la solución presente un color azul indicando el fin de la titulación. Se anotó el valor del volumen gastado para aplicar la siguiente fórmula y obtener el resultado de dureza en la muestra. Este protocolo se siguió en todos los análisis de dureza.

Fórmula Dureza (EDTA) como:

$$Dureza \frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{(V_{EDTA})(\bar{M}_{EDTA})(EqCaCO_3)*1000}{Volumen\ muestra\ mL} \quad (7)$$

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 10: Titulación EDTA



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 2.3.2.2 Alcalinidad

#### Materiales

Pipetas

Bureta

Vasos de precipitación (100 mL)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

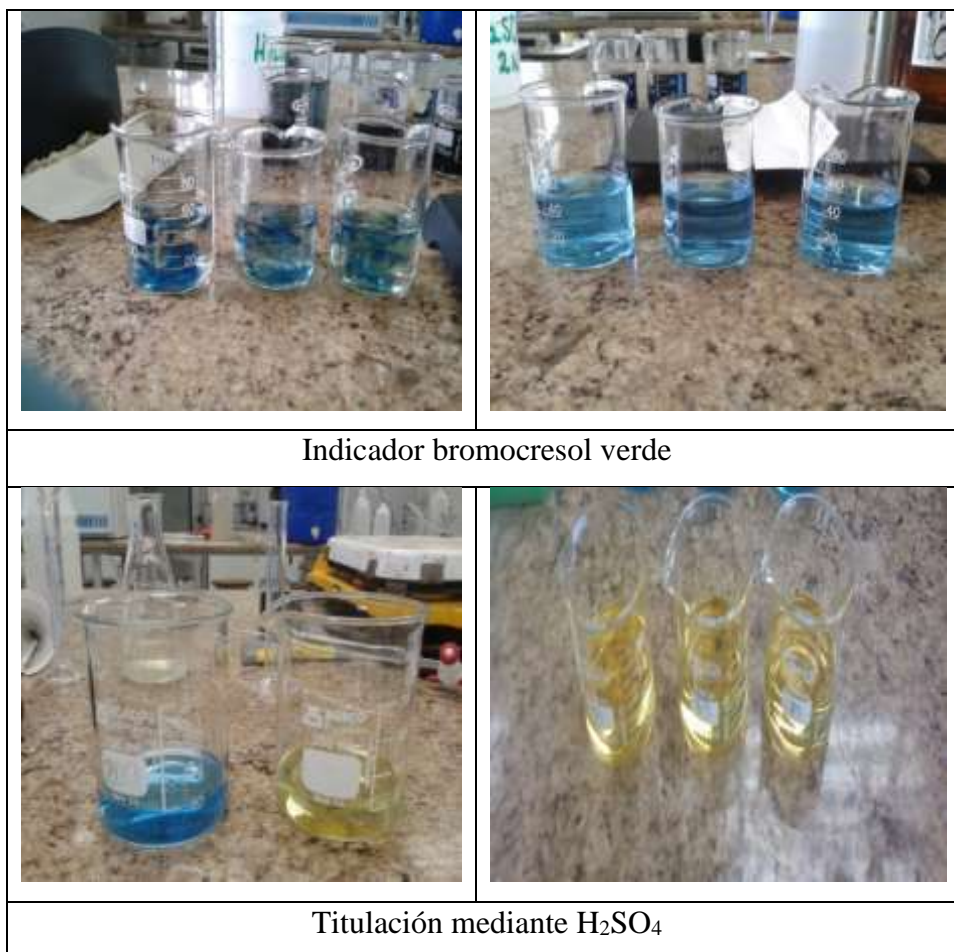
Procedimiento

Se realizó el mismo procedimiento de homogenización que en la dureza, para obtener una muestra representativa. Se colocó de igual manera 10 mL de la muestra en vasos de precipitación de (100mL), gota a gota se agregó el indicador bromocresol verde, con un total de 6 gotas. Finalmente se procedió a titular con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2N, y se anotó el valor de ácido gastado, para obtener los resultados mediante la siguiente formula.

$$\text{Alcalinidad } \frac{mg}{L} \text{ CaCO}_3 = \frac{(\text{Vol}_{\text{H}_2\text{SO}_4}) (\bar{M}_{\text{H}_2\text{SO}_4}) * 50000}{\text{Volumen muestra mL}} \quad (8)$$

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 11: Determinación Alcalinidad



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 2.3.2.3 Hierro

#### Materiales y reactivos

10 mL de muestra

Ferover

Celdas

Equipo HACH DR 2800

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### Procedimiento

Se limpió la celda con agua destilada y se enjuagó 3 veces con la muestra a analizar, se colocó el reactivo ferover, y se agito por 3 minutos, se programó el equipo HACH DR 2800 para determinar hierro, colocamos la muestra testigo sin reactivo en el equipo y enceramos, finalmente procedimos a realizar la lectura y anotar el valor.

Tabla 12: Determinación Hierro



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 2.3.2.4 Sílice

#### Materiales y reactivos

Celdas

Equipo HACH DR 2800

Reactivo 1,2, y 3 para sílice

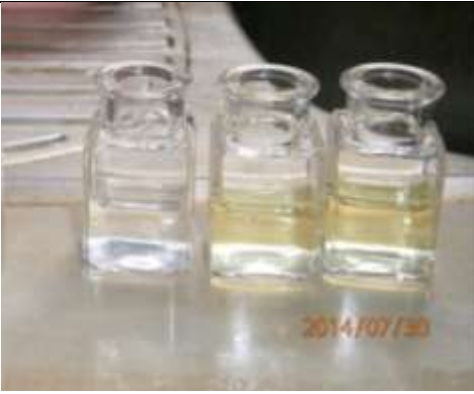

10 mL de muestra

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### Procedimiento

Se limpió la celda con agua destilada y se enjuagó 3 veces con la muestra a analizar, se colocó el reactivo 1 y 2 para sílice y agitamos por 10 minutos, colocamos el reactivo 3 y esperamos 3 minutos, programamos el equipo, colocamos la muestra testigo enceremos y se colocó la celda con los reactivo y realizamos la lectura inmediatamente.

Tabla 13: Determinación Sílice

	
Celdas con reactivo 1, 2 y 3 para sílice	Equipo HACH DR 2800

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

## 2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Sistema de tratamiento de efluentes líquidos industriales de “Palmeras del Ecuador”.

Muestra: Agua efluente del último pantano de tratamiento, en donde se ubicara los puntos de muestreo de acuerdo a un protocolo definido.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 2.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Experimentación: en el periodo de estudio se recolectaran muestras representativas de los efluentes generados en el proceso de extracción de palma, posteriormente, se analizaran en los laboratorios de la empresa o en la UISEK.

### 2.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Antes de la utilización de los instrumentos y equipos, se validará la confiabilidad de los mismos mediante calibración, realizada en los laboratorios de la UISEK, siguiendo los procedimientos recomendados por el fabricante.

### 2.7 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos se procesaron mediante el paquete Microsoft office (Word y Excel). Todos los datos son presentados en tablas y gráficos para una fácil lectura y comprensión. Adicional se presentan imágenes de la metodología de campo y laboratorio.

## CAPÍTULO III.

### RESULTADOS

#### 3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS

##### 3.1.1. MUESTREO

Se realizaron 4 salidas a las instalaciones de Palmeras del Ecuador, en Shushufindi; con la finalidad de completar el número de muestras, especificados en el procedimiento de recolección de muestras descrito en los Métodos Normalizados. (APHA, 1999) En total se obtuvieron 32 muestras procedentes del sistema de tratamiento de efluentes y captación de agua en la extractora “Palmeras del Ecuador”. Las muestras fueron analizadas para mediciones “in situ” (pH, conductividad, temperatura), para lo cual se siguió el procedimiento, para cadena de vigilancia y transporte de las muestras hasta los laboratorios de Universidad Internacional SEK en Quito. El volumen mínimo fue de 2L para realizar los análisis físicos y químicos correspondientes.

##### 3.1.2 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

Durante los análisis iniciales y finales se recopiló toda la información necesaria y se organizaron bajo el siguiente esquema:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 14: Registro de datos para parámetros físico químicos

Parámetro	Unidad	Valor	Limite permisible ASME <sup>1</sup>
Alcalinidad			
Conductividad			
Dureza			
Hierro			
pH			
Sílice			
Sólidos Disueltos			
Temperatura			

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 3.1.3. MEZCLAS DE AGUAS

La finalidad de las mezclas de agua es bajar la concentración de contaminantes del efluente del pantano, al mezclar con el agua del Río Cashpa. Para esto se procedió a mezclar distintas concentraciones hasta llegar a la ideal. Los datos y porcentajes generados durante las pruebas de mezcla se registraron bajo el siguiente formato:

---

<sup>1</sup> ASME *American Society of Mechanical Engineers* (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Asociación de profesionales, que han generado códigos y normas de diseño, construcción e inspección para equipos que trabajan a presión. Ejemplo: calderas. ASME, proporciona directrices para el tratamiento de aguas de alimentación y límites máximos permisibles de parámetros críticos.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 15: Registro de porcentajes

Mezcla	Porcentaje	
	Río	Efluente Pantano 8
1		
2		
3		
4		

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

### 3.2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se detallan los valores obtenidos durante la caracterización de los 3 puntos de muestreo; “P1CR” Punto 1 Captación Río, “P2E” Punto 2 Efluente pantano 8 y “P3V” Punto 3 Vertiente, mediante los análisis físicos químicos; además se detallan los porcentajes de las pruebas de mezclas. Posteriormente se presentan gráficos para visualizar los resultados obtenidos, mediante análisis estadísticos y cuadros comparativos de los mismos.

#### 3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Finalizado el proceso de análisis, se comparó los resultados con los límites de las Normas ASME, para evaluar la calidad del agua.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 16: Resultados "P1CR" Punto 1 Captación Río

Parámetro	Unidad	M1 <sup>2</sup>	M2 <sup>3</sup>	M3 <sup>4</sup>	M4 <sup>5</sup>
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	64	65	67	62
Conductividad	μS/cm	70	69	71	73
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	31	29	31
Hierro	mg/L (Fe)	1,06	1,17	1,14	1,02
pH	-	6,1	5,7	6,7	6,5
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	27	26	26	26
Sólidos Disueltos	mg/L	53	51	49	52
Temperatura	°C	26	25	27	27

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

<sup>2</sup> M1: Muestra 1 tomada y analizada en el mes de Abril, valor promedio de 3 análisis.

<sup>3</sup> M2: Muestra 2 tomada y analizada en el mes de Mayo, valor promedio de 3 análisis.

<sup>4</sup> M3: Muestra 3 tomada y analizada en el mes de Junio, valor promedio de 3 análisis.

<sup>5</sup> M4: Muestra 4 tomada y analizada en el mes de Julio, valor promedio de 3 análisis.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 17: Análisis estadístico de resultados "PICR"

Parámetro	Unidad	Promedio	Max	Min	Desviación estándar
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	65	67	62	1,93
Conductividad	μS/cm	71	73	69	1,90
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	31	29	0,92
Hierro	mg/L (Fe)	1,10	1,17	1,02	0,07
pH	-	6,27	6,73	5,71	0,45
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	26	27	26	0,30
Sólidos Disueltos	mg/L	51	53	49	1,43
Temperatura	°C	26	27	25	0,86

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA "PALMERAS DEL ECUADOR" SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBIÓS

Tabla 18: Resultados "P2E" Punto 2 Efluente Pantano 8

Parámetro	Unidad	M1	M2	M3	M4
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	174	177	174	176
Conductividad	μS/cm	3599	3602	3599	3601
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	335	337	335	334
Hierro	mg/L (Fe)	1,56	1,48	1,45	1,67
pH	-	6,56	6,61	6,33	6,3
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	54	58	55	53
Sólidos Disueltos	mg/L	2174	2170	2172	2175
Temperatura	°C	26	27	28	28

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 19: Análisis estadístico de resultados "P2E"

Parámetro	Unidad	Promedio	Max	Min	Desviación estándar
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	175	177	174	1,18
Conductividad	μS/cm	3600	3602	3599	1,69
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	335	337	334	1,03
Hierro	mg/L (Fe)	1,54	1,67	1,45	0,10
pH	-	6,45	6,61	6,30	0,16
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	55	58	53	1,90
Sólidos Disueltos	mg/L	2173	2175	2170	2,06
Temperatura	°C	27	28	26	0,63

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 20: Resultados "P3V" Punto 3 Vertiente

Parámetro	Unidad	M1	M2	M3	M4
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	81	76	78	79
Conductividad	μS/cm	129	131	128	131
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	61	64	63	63
Hierro	mg/L (Fe)	0,55	0,51	0,49	0,47
pH	-	6,5	6,7	6,98	7,3
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	47	48	47	48
Sólidos Disueltos	mg/L	88	90	90	88
Temperatura	°C	26	26	26	26

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 21: Análisis estadístico de resultados "P3V"

Parámetro	Unidad	Promedio	Max	Min	Desviación estándar
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	79	81	76	2,11
Conductividad	μS/cm	130	131	128	1,57
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	63	64	61	0,87
Hierro	mg/L (Fe)	0,51	0,55	0,47	0,03
pH	-	6,87	7,3	6,5	0,35
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	47	48	47	0,66
Sólidos Disueltos	mg/L	89	90	88	1,00
Temperatura	°C	26	26	26	0,42

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 22: Comparación de resultados de análisis físico químicos (Datos Promedio) con límites permisibles de la Norma ASME

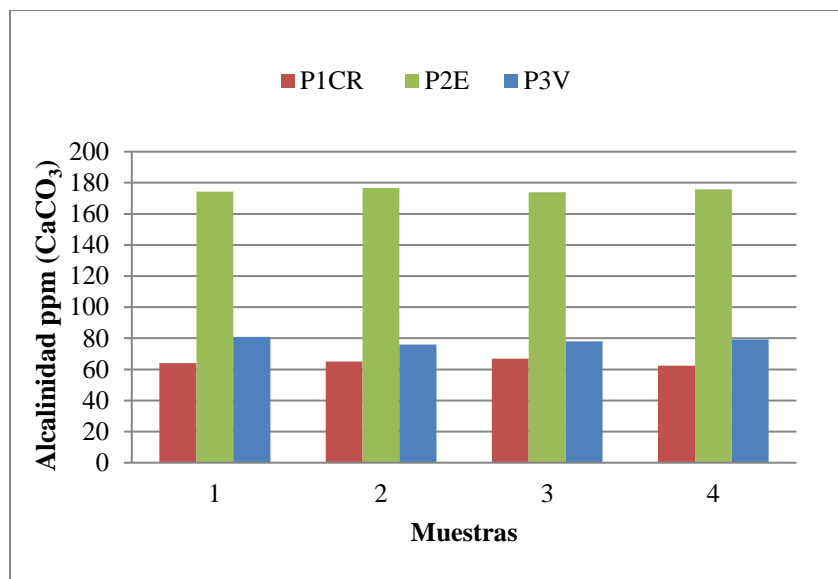
Parámetro	Unidad	Promedio “P1CR”	Promedio “P2E”	Promedio “P3E”	Norma ASME Agua alimentación	Norma ASME Caldero
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	65	175	79	25	600
Conductividad	μS/cm	71	3600	130	3500	7000
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	335	63	2	10
Hierro	mg/L (Fe)	1,10	1,54	0,51	0,05	1
pH	-	6,27	6,45	6,87	8,5 – 9,5	10,5 – 11,5
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	26	55	47	-	150
Sólidos Disueltos	mg/L	51	2173	89	-	3500
Temperatura	°C	26	27	26	N/A	N/A

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 3.2.2. GRÁFICOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Figura 12: Alcalinidad



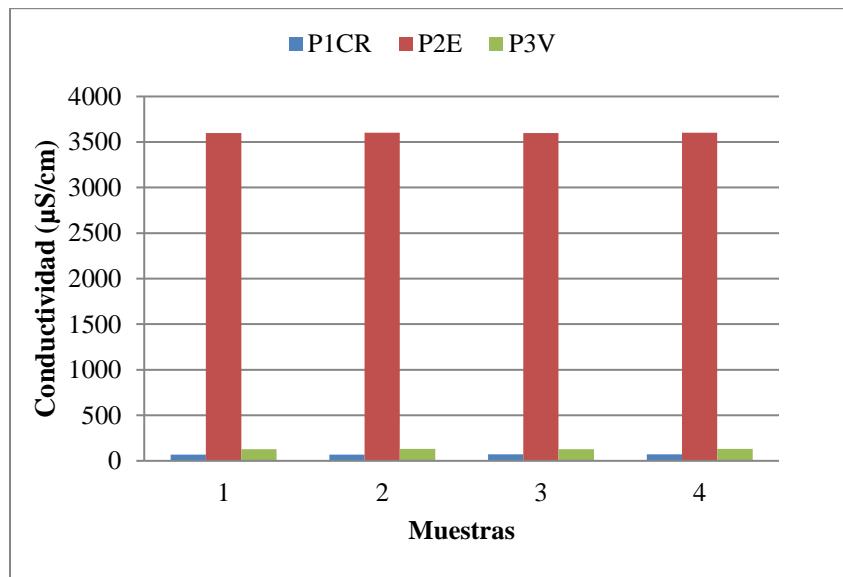
Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

En el caso de la alcalinidad para el punto “P1CR” Captación Río, se puede observar en la Figura 12 que los valores oscilaron entre un mínimo de 62 ppm y un máximo de 67 ppm, con una media de 65 ppm y desviación estándar de 1,93. Para el punto 2 “P2E” Efluente pantano 8, el incremento en los valores es notorio con un mínimo de 174 ppm y un máximo de 177, la media para este punto fue de 175 ppm con desviación estándar de 1,18. Finalmente para el punto “P3V” los valores estuvieron en un rango mínimo de 76 ppm y máximo de 81 ppm, con una media de 79 ppm y desviación estándar de 2,11.

Con respecto a los valores medios obtenidos de 65 ppm para “P1CR”, 175 ppm para “P2E” y de 79 ppm para “P3V”, se encuentran por encima del margen aceptable en aguas de alimentación de (<25 ppm) valor sugerido por la ASME (Tabla 22) para evitar incrustaciones.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 13: Conductividad

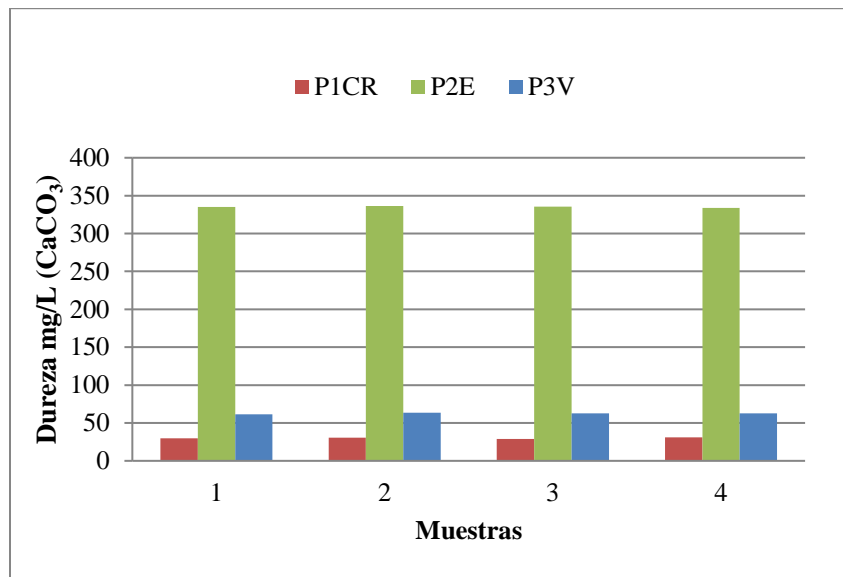


Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

En cuanto a la conductividad, la Figura 13 muestra la variación del punto “P2E” con respecto al punto “P1CR” y “P3V”. En la misma figura podemos observar que la conductividad del punto “P1CR”, “P2E” y “P3V” mantuvo constancia en los valores reportados; sin embargo el valor medio del punto “P2E” de 3600,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se ubica por encima de la conductividad estándar recomendada de (3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En el caso del punto “P1CR” y “P3V”, los valores son de 70,78  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 129,55  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente; y se ubican muy por debajo del valor recomendado.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 14: Dureza



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

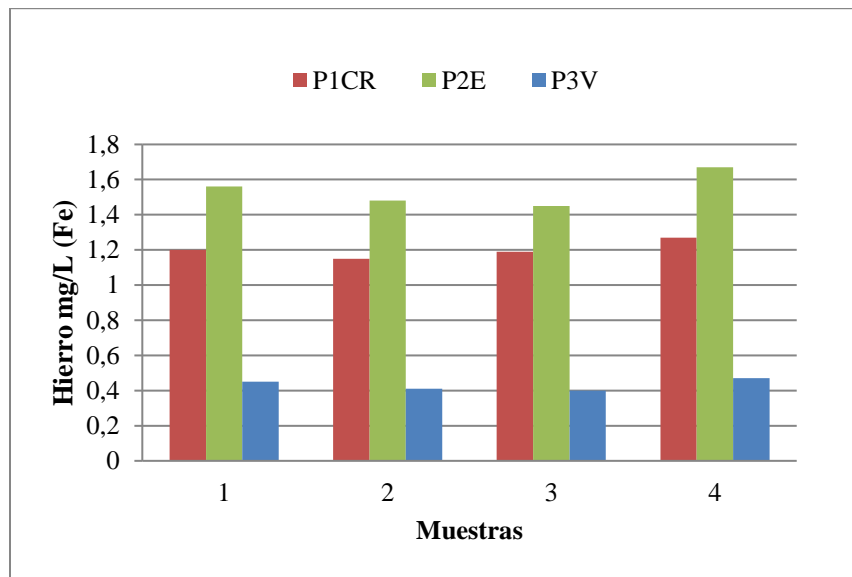
Como se puede apreciar en la Figura 14 el valor medio del punto “P2E” es de 335 mg/L, indicando un comportamiento oscilatorio durante los análisis efectuados, variando entre 334 y 337 mg/L y con una desviación estándar de 1,03. Según la Tabla 5 el agua proveniente del efluente es de tipo “muy dura”. Para el caso del punto “P1CR” se reportó un valor de 63 mg/L y en el punto “P2E” de 30 mg/L. Todos los valores están por encima del máximo permisible y de los valores recomendados descritos en la Tabla 22 para este tipo de sistemas.

Uno de los parámetros críticos para determinar la calidad del agua de alimentación para calderas, es la dureza. El nivel de dureza está relacionado directamente con la formación de incrustaciones y depósitos cálcicos y magnésicos. (Romero, 2002)

Por otra parte, las recomendaciones expuestas en la Tabla 22, para la dureza de alimentación, son valores que deben mantenerse por debajo de los 2 mg/L, sin embargo, la misma para el punto “P2E” se ubica unas 150 veces por encima del límite recomendado 15 y 30 veces para el punto “P1CR” y punto “P3V” respectivamente.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 15: Hierro

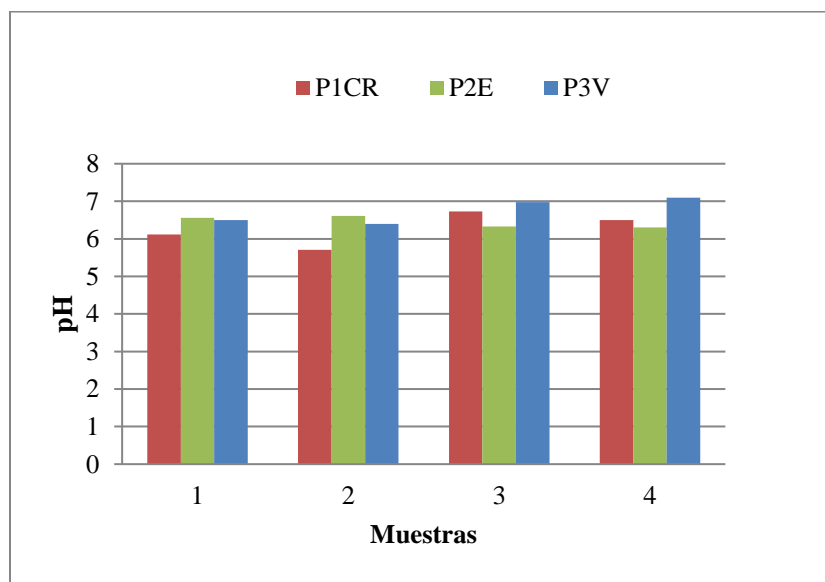


Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Con respecto al contenido de hierro en el punto “P1CR” de 1,10 mg/L, “P2E” de 1,54 mg/L y “P3V” 0,51 mg/L; como lo indica la Figura 15, denotan valores superiores al recomendado 0,05 mg/L. En este parámetro el punto 3, presenta un valor más bajo en comparación al punto 1 y 2, sin embargo, sigue siendo un valor alto. El hierro es un parámetro crítico ya que su relación con el oxígeno es la principal causa de corrosión en las tuberías de la caldera.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 16: pH

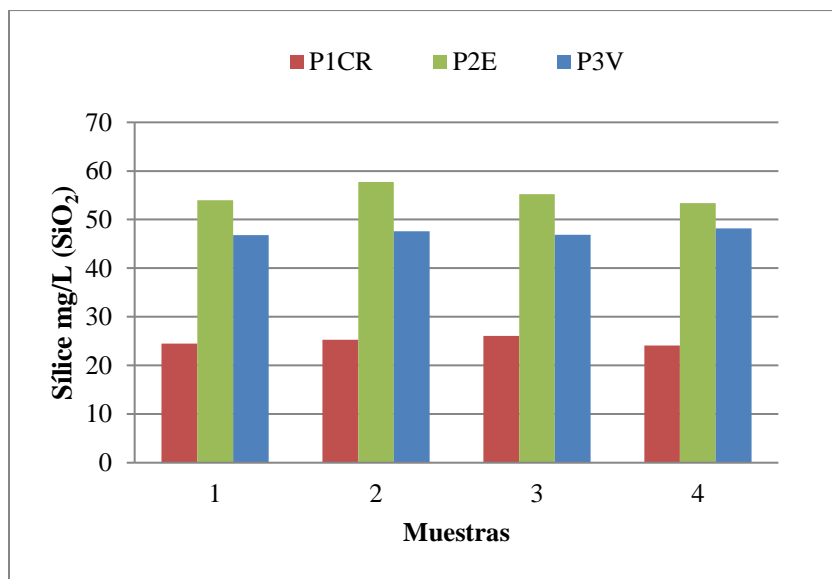


Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

En la Figura 16 se indica la variación del pH de los puntos 1, 2 y 3, donde se puede apreciar que el pH de los 3 puntos, en general, no tuvo variaciones drásticas, con valores medios de 6.45, 6.27 y 6.87 respectivamente. Estos valores representan una característica acida, en la escala de pH.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 17: Sílice



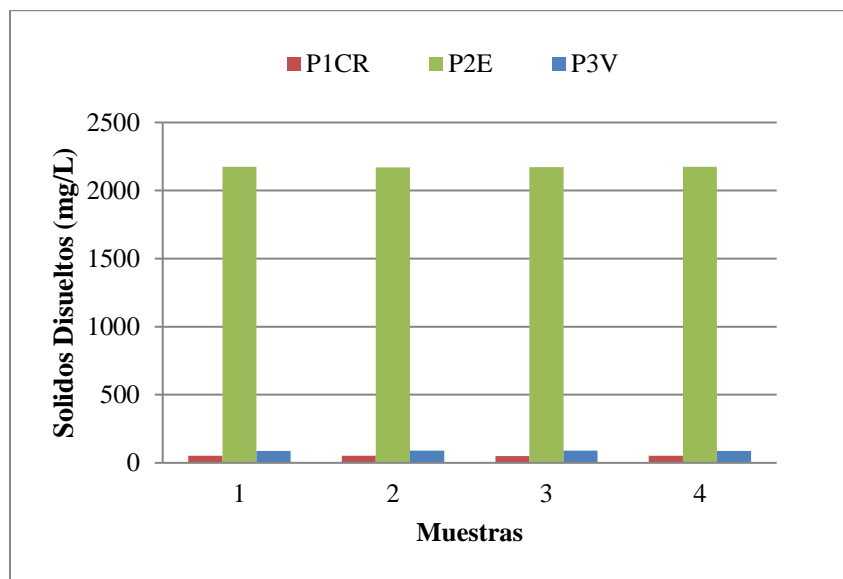
Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

La variación del contenido de sílice de los puntos 1, 2 y 3 se muestra en la Figura 17. Al comparar los resultados obtenidos para este parámetro, durante todo el período de estudio, es evidente el alto contenido de sílice en el punto 3 “P3V”, con un valor medio de 47 mg/L.

El valor medio para el punto “P1CR” y “P2E” fue de 26 mg/L y 55 mg/L respectivamente.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 18: Sólidos Disueltos



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Los resultados obtenidos en el punto “P2E”, como se puede observar en la Figura 18, el valor medio es de 2173 mg/L y es directamente proporcional a la conductividad ya que el valor medio para este parámetro fue de 3600,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como lo indica la Figura 13. Sucede de igual manera con los puntos 1 y 3. Para el punto “P1CR” el valor medio de sólidos disueltos fue de 51 mg/L y de conductividad de 71  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en el punto “P3V” para sólidos disueltos y conductividad un valor medio de 89 mg/L y 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Los parámetros de alcalinidad, dureza, hierro y sílice, se utilizaron para determinar la calidad del agua del efluente que deberá ser sometido a un tratamiento previo antes de ingresar al sistema de ablandamiento existen en la planta extractora. En cuanto a los parámetros críticos tenemos que la dureza y la sílice, a pesar de su elevado porcentaje de disminución siguen por encima de los valores recomendados por la ASME (Tabla 22), para evitar problemas de corrosión e incrustación.

### 3.2.3. RESULTADO DE MEZCLAS DE AGUA

Una vez que se comparó los resultados de los análisis físico químicos del punto “P2E” con las normas ASME, se determinó que los parámetros críticos alcalinidad, dureza, hierro y sílice, no cumplen con los límites establecidos, razón por la cual se continuo investigando y evaluando con el proceso de mezclas, para encontrar la relación ideal.

En la Figura 5, se puede apreciar el balance de aguas dentro de la extractora PDE, y nos indica que 30 m<sup>3</sup>/h son captados del Río Cashpa, denominado en el presente estudio como “P1CR”. Para determina el caudal de ingreso al sistema de tratamiento, se tomó en cuenta la cantidad de agua usada por cada metro cúbico de tonelada de racimo de fruta procesada (m<sup>3</sup>/Ton RFP). Durante el tiempo de investigación y levantamiento de datos, el valor de m<sup>3</sup>/Ton RFP fue de 0,35 lo que nos dio un total de 10 m<sup>3</sup>/h que ingresan al sistema de tratamiento de efluentes, mediante pantanos artificiales.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

El agua requerida para el funcionamiento de los calderos es de 30 m<sup>3</sup>/h como lo indica la Figura 6, debido a los altas concentraciones de sílice y dureza que presentó el punto “P3V”, descartamos el uso de esta agua para los calderos, razón por la cual las mezclas se realizaron únicamente con el agua proveniente del río.

A continuación se describen los porcentajes de mezcla, cabe recalcar que se realizaron 4 mezclas a distintas concentraciones.

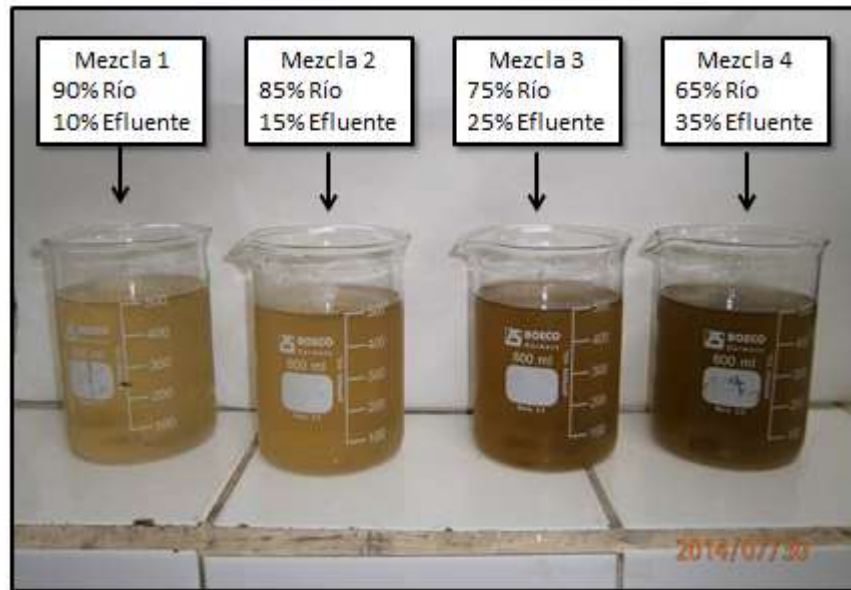
Tabla 23: Mezclas Río efluente (R-E)

Mezcla	Porcentaje	Lugar	m <sup>3</sup>	1000 mL	500 mL
1	90%	Río	27	900	450
	10%	Efluente pantano 8	3	100	50
2	85%	Río	25	850	425
	15%	Efluente pantano 8	5	150	75
3	75%	Río	22,5	750	375
	25%	Efluente pantano 8	7,5	250	125
4	65%	Río	20	650	325
	35%	Efluente pantano 8	10	350	175

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 19: Mezclas Río + Efluente (R-E)



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 24: Resultados Finales Mezcla 1

Parámetro	Unidad	Promedio “P1CR”	Promedio “P2E”	Valor teórico	Valor experimental	% Disminución
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	65	175	80	74	58
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	335	122	95	72
Hierro	mg/L (Fe)	1,10	1,54	1,11	1,19	23
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	26	55	27	33	40

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Tabla 25: Resultados Finales Mezcla 2

Parámetro	Unidad	Promedio “P1CR”	Promedio “P2E”	Valor teórico	Valor experimental	% Disminución
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	65	175	87	77	56
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	335	133	105	68
Hierro	mg/L (Fe)	1,10	1,54	1,2	1,22	21
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	26	55	29	35	36

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 26: Resultados Finales Mezcla 3

Parámetro	Unidad	Promedio “P1CR”	Promedio “P2E”	Valor teórico	Valor experimental	% Disminución
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	65	175	96	103	41
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	335	146	181	46
Hierro	mg/L (Fe)	1,10	1,54	1,26	1,28	17
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	26	55	33	36	35

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Tabla 27: Resultados Finales Mezcla 4

Parámetro	Unidad	Promedio “P1CR”	Promedio “P2E”	Valor teórico	Valor experimental	% Disminución
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	65	175	120	132	25
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	30	335	183	217	35
Hierro	mg/L (Fe)	1,10	1,54	1,37	1,3	14
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	26	55	41	45	18

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tabla 28: Comparación de resultados de mezclas de aguas con las normas ASME

Parámetro	Unidad	Valor Experimental				Norma ASME	Cumplimiento
		Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4		
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	74	77	103	132	25	NO CUMPLE
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	95	105	181	217	2	NO CUMPLE
Hierro	mg/L (Fe)	1,19	1,22	1,28	1,3	0,05	NO CUMPLE
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	33	35	36	45	20	NO CUMPLE

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Tabla 29: Porcentaje disminución parametros criticos

Parámetro	Unidad	% Disminución			
		Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4
Alcalinidad	ppm (CaCO <sub>3</sub> )	58	56	41	25
Dureza	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	72	68	46	35
Hierro	mg/L (Fe)	23	21	17	14
Sílice	mg/L (SiO <sub>2</sub> )	40	36	35	18

Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

Uno de los principales usos para el consumo de agua, a nivel industrial, es como elemento de transferencia de calor en procesos de calentamiento. La forma tradicional de suministrar energía calorífica, es a través de la generación de vapor mediante el uso de calderas de diversos tipos. El vapor constituye una forma conveniente de almacenar energía debido a que tiene un alto contenido calorífico y puede generarse en un punto y distribuirse a muchas unidades diferentes que requieran energía, dentro de una planta. El vapor puede usarse por su efecto calentador o por su energía motriz. (Nalco, 1995)

El tratamiento del agua para generación de vapor es una de las ramas más elaboradas de la química del agua, ya que su precisión es fundamental para evitar problemas como corrosión, formación de incrustaciones y depósitos, y arrastre de condensado. Estos problemas están relacionados con las impurezas y contaminantes contenidas en el agua, como gases disueltos, sales y minerales. (Cardozo, 2011) La presión y el diseño de una caldera determinan la calidad del agua que requiere para la generación del vapor. El agua municipal o de alguna planta, que sea de buena calidad para uso doméstico, rara vez es lo bastante buena como agua de alimentación de caldera. (Nalco, 1995)

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

(Mejia & Orozco, 2008) Muestran que el tratamiento inadecuado del agua de caldera es responsable de un 30% de las fallas en calderas. Como consecuencia, uno de los objetivos primordiales en la generación de vapor con calderas es asegurar la calidad del agua de alimentación y del agua contenida en la caldera, logrando de esta forma tres beneficios principales: maximizar la vida útil del sistema de generación y distribución de vapor, reducir los costos de mantenimiento y mantener una eficiencia térmica óptima.

La calidad de estas aguas se consigue cumpliendo con los requerimientos de las normas, que definen los límites recomendados para los parámetros fisicoquímicos relacionados con el tratamiento de agua. En la Tabla 22 se presentan los requerimientos recomendados del agua de alimentación e interna de una caldera para prevenir problemas de incrustaciones y corrosión.

El agua cruda que va a ser utilizada como agua de alimentación para calderas, tiene impurezas por lo que es necesario darle un tratamiento previo para su uso, esto se logra mediante tratamientos adecuados, los cuales según (Nalco, 1995) pueden ser clasificados en: tratamientos externos que incluyen todos aquellos que convencionalmente pueden ser aplicados al agua bruta de alimentación, como la desgasificación y el suavizado, y tratamientos internos que comúnmente comprenden todas las dosificaciones de productos químicos que acondicionan el agua ya tratada con la que se pretende alimentar la caldera.

La calidad del agua que ingrese a los calderos determina la cantidad de veces que se deba realizar el purgado, sin embargo a pesar que al agua de alimentación se le dé, el tratamiento adecuado, todavía contiene trazas de impurezas, los productos químicos del tratamiento interno también contribuyen al nivel de sólidos en el agua de caldera.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Tal es el caso en PDE, quienes utilizan el vapor generado a través de las 2 calderas, para generación eléctrica de la planta extractora, y en el proceso de esterilización, inyectando vapor en los autoclaves, y en los digestores para separar del fruto, la parte sólida y líquida. Como se indicó anteriormente el agua para la planta extractora proviene de dos fuentes el Río Cashpa y la vertiente. Al agua se le da un tratamiento previo que se describe a continuación:

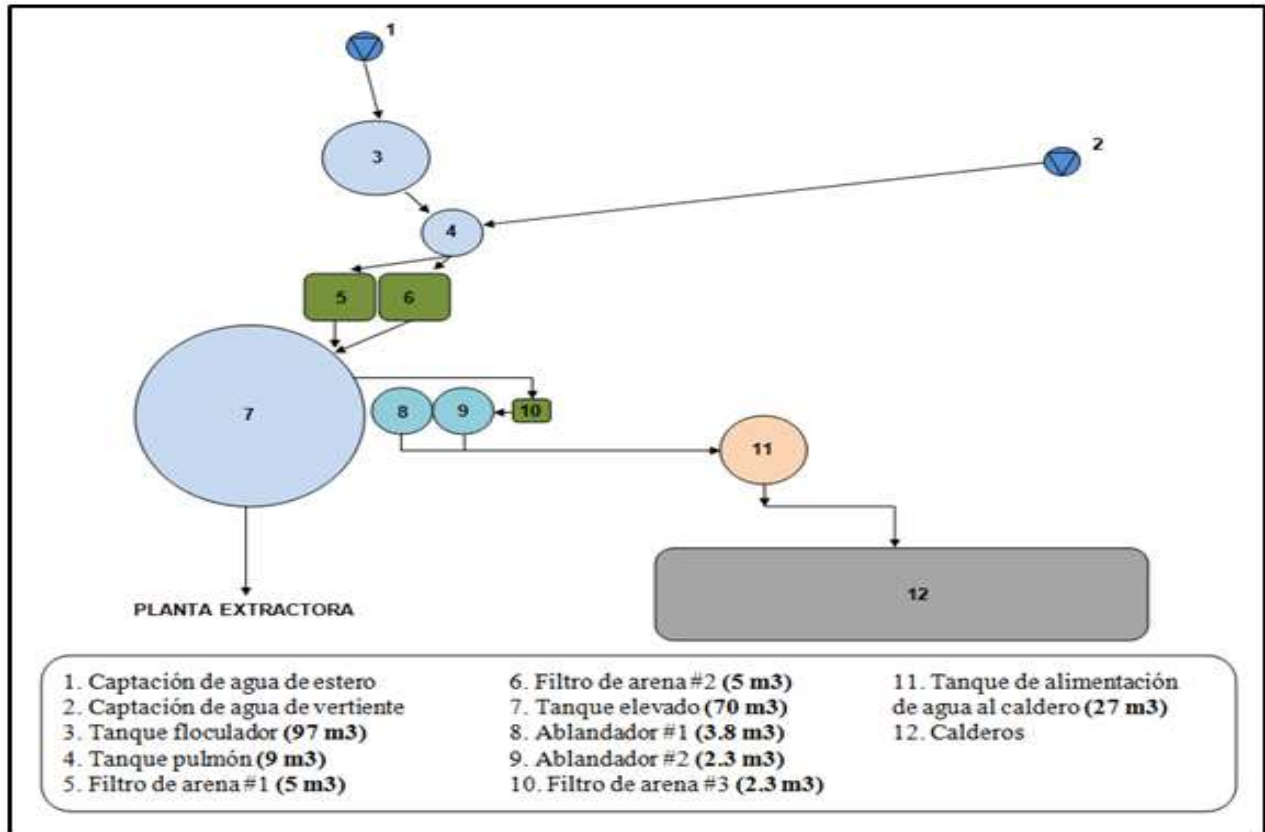
Inicia con la operación unitaria de floculación en donde se dosifica la cantidad de 60 ppm o  $60 \text{ g/m}^3$ , con el principal objetivo de eliminar el hierro y la turbidez del agua, el tanque floculador tiene una capacidad de  $93 \text{ m}^3$ , es importante señalar que solo se le da este tratamiento al agua proveniente del río.

El tanque pulmón 1, es donde se unen las aguas provenientes de las dos fuentes. Continúa el proceso de tratamiento con 2 filtros de arena con una capacidad de  $5 \text{ m}^3$  cada uno, en esta parte se retienen las impurezas; en el tanque elevado se almacena el agua y se distribuye sin ningún otro tratamiento a la planta extractora, y por otra parte se direcciona a los ablandadores, para seguir el tratamiento para el agua de los calderos. Existen 2 ablandadores con capacidad de  $3 \text{ m}^3$  cada uno, aquí se colocan distintos químicos que eliminan la dureza del agua, reducen alcalinidad y controlan los niveles de sílice.

Esta agua tratada llega al tanque de alimentación con capacidad de  $30 \text{ m}^3$ , se realizan análisis 4 veces al día para controlar que los niveles permanezcan dentro de los valores recomendados, si existen alguna anomalía se llama directamente al proveedor de los químicos.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Figura 20: Sistema de Ablandamiento del agua



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Es de conocimiento general que, el agua es un recurso no renovable, y por esta razón toda actividad humana diaria compromete la calidad del mismo. El ser humano forma parte fundamental e integral del medio ambiente, y de todas las transformaciones que ocurren en él; siendo participe y en muchas ocasiones culpable del daño ocasionado.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Reconociendo que las actividades antropogénicas, generan externalidades tanto positivas como negativas, provocando una modificación del entorno; esto no significa que sea necesario detener todas las actividades industriales y de desarrollo, con la finalidad de mantener un ambiente sano. Se trata de buscar que las actividades provoquen el mínimo daño al entorno.

En la última década, las industrias han optado por mecanismos de producción que sean amigables con el medio ambiente, estos cambios incluyen una reestructuración en el sistema de gestión ambiental, cambiando equipos industriales por otros que consuman menos energía y sean más eficientes. Así mismo con la materia prima utilizada para la elaboración de un sin número de productos y con el control, manejo y uso responsable del recurso agua. Bajo esta directriz, las industrias que logren acoplar a sus procesos, cambios significativos y de alto ingenio, ganan prestigio a nivel mundial ya que producen de manera sostenible y generan el menor impacto posible.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

### 4.1 CONCLUSIONES

- La investigación realizada a lo largo de este estudio, arrojó resultados, indicadores, donde se muestra la disminución significativa en varios parámetros analizados, como fue el caso en las mezclas 1 y 2, donde los parámetros de dureza y alcalinidad presentaron un mayor porcentaje de reducción más del 50% (Tabla 24 y 25), en cuanto al hierro y la sílice, también existió disminución en menor porcentaje con un total de 23 y 40% respectivamente.
- Los resultados obtenidos, se compararon con la norma ASME, la cual nos da los valores máximos permisibles en aguas de alimentación para calderas.  
Producto de esto se descarta el uso del agua proveniente de la vertiente, para darle un tratamiento y usarla como agua de alimentación, ya que en los parámetros críticos que son dureza y sílice; mostraron valores elevados, de 62 mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) y 47 mg/L ( $\text{SiO}_2$ ) tal como lo indica la Tabla 22. Continuamos las pruebas de tratabilidad únicamente con el agua del Río Cashpa y el efluente del pantano 8, que es la descarga final resultante del sistema de tratamiento de efluentes mediante pantanos artificiales, utilizado en PDE.
- En el proceso para encontrar la relación de mezcla idónea (R-E), que cumpla con los objetivos planteados, se realizó 4 tipos de mezclas con distintas concentraciones. Se analizó los parámetros críticos (Alcalinidad, Dureza, Hierro, Sílice) iniciales y finales, determinando así cual mezcla representa una mejor calidad de agua para ingresar al sistema de ablandamiento.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- En la mezcla 1 (90% Río – 10% Efluente), es decir 27 m<sup>3</sup> y 3 m<sup>3</sup> respectivamente, se evidencio una reducción de más del 50% en el parámetro de alcalinidad y el 78% en dureza, en cuanto a la sílice y hierro el porcentaje de reducción fue de 40% y 23% respectivamente ver Tabla 24. En la mezcla 2 (85% Río – 15% Efluente) con una cantidad de 25m<sup>3</sup> de río y 5 m<sup>3</sup> de efluente, se obtuvo un porcentaje de reducción del 56% en alcalinidad y 68% en dureza, ver Tabla 25. Tanto la mezcla 3 (75% Río – 25% Efluente) 22,5 m<sup>3</sup> río y 7,5 m<sup>3</sup> efluente como la mezcla 4 (65% Río – 35% Efluente), no cumplieron los resultados esperados ya que su porcentaje de reducción fue menos del 50%, ver Tablas 26 y 27.
- En la Tabla 28 se puede apreciar el NO cumplimiento de los parámetros críticos después de las mezclas del agua
- A pesar de lograr estos importantes porcentajes de reducción los valores de los parámetros críticos siguen estando muy por encima del valor recomendado para evitar problemas de corrosión e incrustación.
- Se descarta el uso de las mezclas 3 y 4, ya que sus porcentajes de reducción son muy bajos. Centrarse en la mezcla 1 y 2.
- El iniciar con 3m<sup>3</sup> de recirculación de aguas provenientes del pantano 8, representa un total de 72 m<sup>3</sup> diarios, ahorrados, ya que estos 72 m<sup>3</sup> no se captaría del Río Chaspa. Catapultando la imagen y compromiso de PDE con el medio ambiente, logrando una producción sostenible.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- La alta concentración de hierro en estas aguas de alimentación puede ser indicativo de serios problemas de corrosión en el sistema de generación de vapor, tanto de las superficies internas de la caldera, como de las líneas de retorno de condensado. (Cardozo, 2011) Existen, estudios donde se indica que al aumentar la alcalinidad del agua se reduce la solubilidad del hierro, y aunque la corrosión no se elimina completamente, se ha observado que a un pH de 11,5 resulta ser mínima. (Sierra, 2011)
- En el caso del punto 3 “P3V”, para el parámetro sílice; a pesar de que la fuente de agua no ha sufrido un grado de contaminación elevado, este valor puede provenir del tipo de suelo y rocas presentes en la vertiente. El valor medio para el punto “P1CR” y “P2E” fue de 26 mg/L y 55 mg/L respectivamente. Estos valores elevados representan, riesgos en el funcionamiento del caldero ya que a mayor sílice en el agua de alimentación, mayor sílice en los calderos lo que provocaría serios problemas de ensuciamiento de turbinas, y se estaría sobre pasando el valor recomendado de (<150 mg/L).
- Es importante recalcar que el presente estudio no fue realizado con el fin de verificar la eficiencia del sistema de tratamiento de efluentes actual en PDE, ni de analizar parámetros para determinar su cumplimiento con ley ecuatoriana ambiental vigente.
- En este proyecto se da énfasis para determinar la calidad del efluente del pantano 8, y por el momento no abarca la parte económica.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- En conclusión el agua efluente proveniente, del sistema de pantanos artificiales, si es posible reutilizarla, en el porcentaje 90 10, es decir 90% del Río Cashpa y 10% efluente pantano 8, lo que equivale a 27 y 3 m<sup>3</sup> respectivamente; ya que existen procesos químicos capaces de bajar la concentración hasta los límites permisibles en las Normas ASME. Como por ejemplo la desmineralización.
- Adicionalmente esta mezcla debe recibir un tratamiento químico, para mejorar aún más la calidad el agua.
- Con la implementación de este sistema para recircular el agua del pantano 8, aparte de cuidar el agua, ayuda a la imagen y prestigio de la industria.

### 4.2 RECOMENDACIONES

- Este proceso de caracterización de los distintos puntos establecidos, puede mejorarse al tener un control y muestreo a lo largo de un año de investigación, ya que durante el tiempo de investigación (6 meses), la planta extractora se encontraba en un rango bajo de producción. Ver anexo 1 y 2 en el que se indica mediante tablas y figuras los valores de producción del año 2013 y su relación directamente proporcional con la generación de agua residual. Por lo que se recomienda, ampliar el tiempo de investigación a un año tomando un número mayor de muestras e incrementar los parámetros de evaluación, se podrá obtener resultados más significativos respecto a la caracterización, y se tendrá un control exacto de las variaciones en los parámetros respecto al clima y producción.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Adicional la razón de extensión a un año de investigación es para evaluar los parámetros en las distintas épocas climas tanto secas como lluviosas.
- Aplicar el estudio realizado, con las mezclas de agua 1 y 2, en los siguientes porcentajes (90R-10E) y (85R-15E) ya que fueron las que mejores resultados presentaron, para reformar la gestión ambiental en la empresa.
- Es recomendable, que el personal encargado del sistema de tratamiento de efluentes tenga los conocimientos y materiales necesarios, para realizar el control sobre los pantanos e informar si existen vectores que puedan afectar el proceso de tratamiento.
- Se recomienda evitar contaminación en el sistema de tratamiento, descargado otro tipo de efluentes ajenos al proceso de extracción de aceite, como es el caso de los lixiviados provenientes de la compostera, en la visita técnica se pudo evidencia su descarga hacia el pantano 2, lo que puede afectar las condiciones normales en las lagunas; comprometiendo su tratamiento y alterando las condiciones del agua efluente.
- Adicional se recomienda seguir con esta investigación, con una prueba piloto, que incluya en el sistema de tratamiento un desmineralizador, ya que este puede eliminar casi al 99% las sales disueltas como el sodio, calcio, carbonatos, bicarbonatos, magnesio, sulfatos que contiene el agua, mediante el uso de resinas de intercambio iónico, ver anexo 3.
- Es recomendable complementar este estudio con otro estudio que abarque la parte económica, aun cuando desde el punto ambiental así sea costoso; lo importante es que se estaría protegiendo al ambiente y protegiendo el recurso no renovable agua.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Se recomienda implementar un sistema de producción más limpia, a fin de optimizar todos los procesos, y disminuir efluentes, productos no conformes, desechos, ruidos, y emisiones a la atmósfera.
- Finalmente se recomienda al grupo AgroIndustrial DANEC S.A, que continúe tomando en cuenta a estudiantes de la Universidad Internacional SEK, para este tipo de proyectos.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

## BIBLIOGRAFÍA

- ANCUPA. (2005). *Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana*. Recuperado el Febrero de 2014, de <http://www.ancupa.com/>
- Andrade, V. (2008). *Presente y futuro de las oleaginosas en el Ecuador*. Ibarra: PUCE.
- APHA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Vigésima ed.). Ediciones Diaz de Santos S.A .
- Bastidas, G. (2006). *Proyecto de prefactibilidad para la implementación de un cultivo de palma africana en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas* . Quito .
- Burneo, D. (2008). *Propuesta Sistema tarifario, Proyecto de manejo integrado de los Recursos Hídricos en la hoya de Quito* . Quito : UICN-Sur .
- Cardozo, S. (2011). *Optimización del sistema de generación de vapor en una planta automotriz*. Caraz : Universidad Simón Bolívar .
- Colcha, A. (2013). *Diseño de un sistema para el tratamiento del agua de alimentación a la caldera para evitar la corrosión en la planta de lácteos de Tunshi*. Riobamba: ESPOCH .
- Coral, K. (2012). *Evaluación y control de la contaminación de aguas residuales* . Quito .
- Gil Rodriguez, M. (2005). *Procesos de descontaminación de aguas*. Madrid: Thomson Editores Spain.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

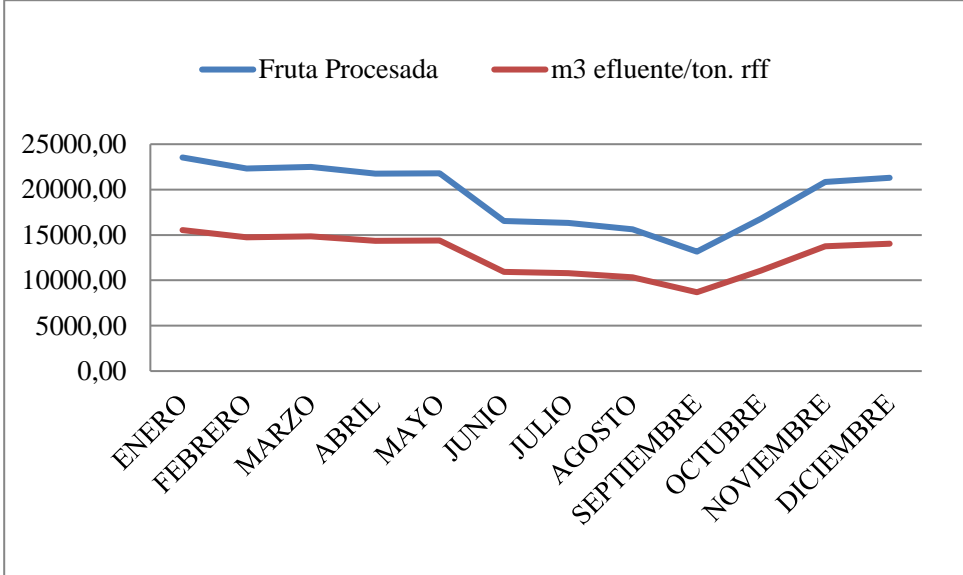
- INAMHI. (2013). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología* . Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Manga, J. C., Molinares, N. A., & Arrieta, J. P. (2007). *Tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de lagunaje*. Bogota: Cargraphics S.A.
- Marcillo, L., & Vargas, M. F. (2005). *Proyecto de desarrollo para evaluar la factibilidad del cultivo de palma africana como materia prima exportable para la producción de biodiesel*. Recuperado el Febrero de 2014
- Mejia, G., & Orozco, W. (2008). *Calderas a Vapor*. Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Nalco, F. (1995). *Manul del Agua, Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. Mexico: McGraw-Hill .
- Pazmiño, A. (2014). Quito.
- PDE, P. d. (2008 ). Shushufindi .
- Prieto, C. J. (2004). *EL AGUA, Sus formas, Efectos, Abastecimientos, Usos, Daños, Control y Conservación*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Rodriguez, P. (2011). *Aislamiento e identificación de cepas microbianas como potenciales agentes para biorremediación de efluentes en una extractora de palma de aceite* . Riobamaba: ESPOCH.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL RECICLAJE DE AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA “PALMERAS DEL ECUADOR” SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

- Romero Rojas, J. A. (2002). *Calidad del Agua*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.
- Trujillo, R. (2014).
- UNIPALMA. (2013). *Historia y consolidación* . Recuperado el Febrero de 2014, de <http://unipalma.com/>
- Vademécum. (2012). *Agrícola Ecuador* . Quito : Edifarm .

# ANEXOS

Anexo 1: Producción vs. m3 efluente

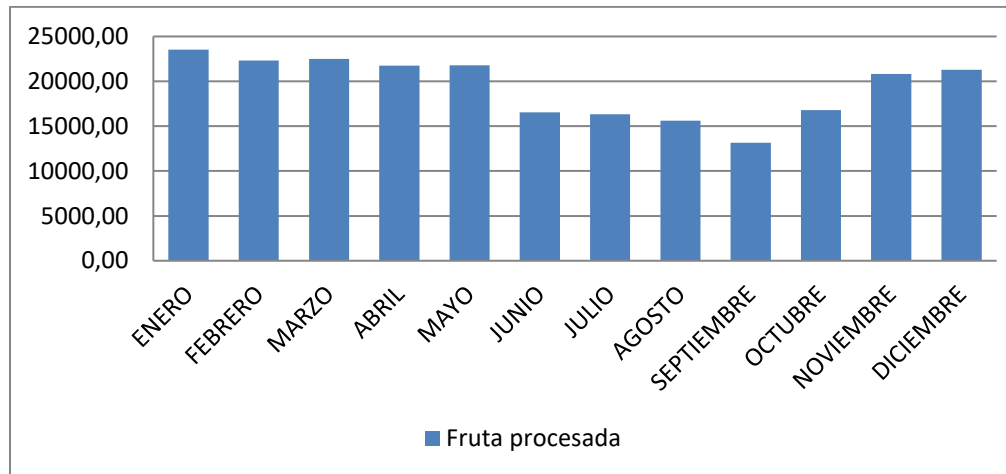


Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Fuente: (PDE, 2013)

Anexo 2: Producción 2013

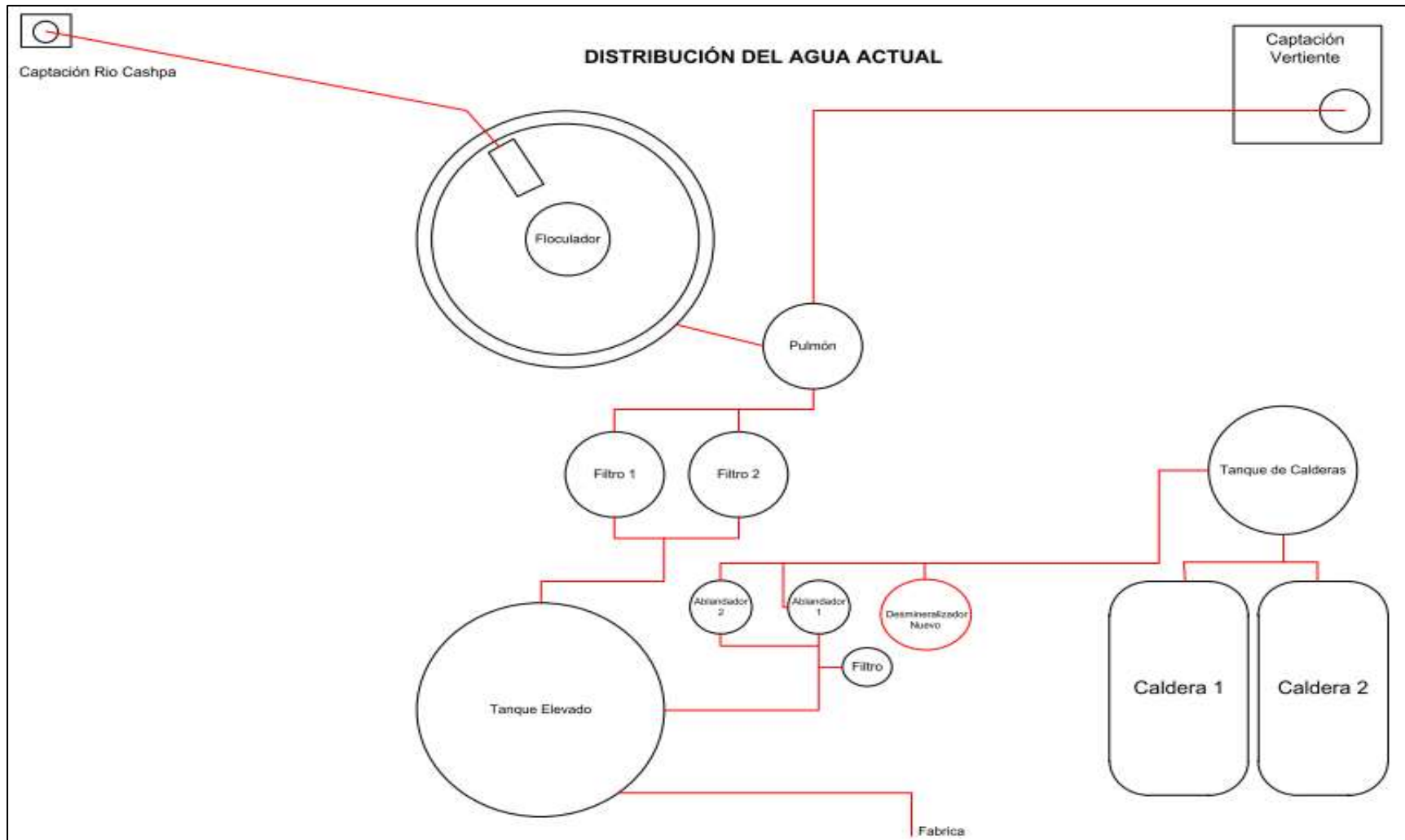
Año 2013	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
FRUTA PROCESADA	23535,71	22324,61	22503,82	21748,97	21779,26	16538,15	16333,54	15626,30	13163,85	16791,42	20825,24	21285,10
m <sup>3</sup> efluente/ton. Rff	15533,57	14734,24	14852,52	14354,32	14374,31	10915,18	10780,14	10313,36	8688,14	11082,34	13744,66	14048,17
Elaborado y adaptado por: Alejandra Pazmino 2014												
Fuente: Laboratorio PDE, 2014												



Elaborado por: (Pazmiño, 2014)

Fuente: (PDE, 2013)

### Anexo 3: Desmineralizador



Elaborado por: (Trujillo, 2014)  
Fuente: (PDE, 2014)  
Adaptado por: (Pazmiño, 2014)

Anexo 4: Registro Fotográfico

 A photograph showing an outdoor storage area with several stacks of dark-colored crates or containers. The ground is wet and reflective, suggesting recent rain. The background shows trees and a cloudy sky.	 A photograph of a large, conical pile of brown, fibrous material (pressed raquis) on a concrete floor. In the background, there is a building with a corrugated metal roof and some industrial equipment.
<p>Recepción del fruto y almacenamiento</p>	<p>Raquis prensado</p>
 A photograph of two large, horizontal, cylindrical autoclaves (sterilization tanks) in an industrial setting. They are made of metal and have circular access doors at the ends.	 A photograph of a worker in a blue shirt and yellow hard hat using a yellow pallet jack to move a large, heavy, cylindrical container (likely a raquis barrel) in a factory or warehouse.
<p>Autoclave para esterilización del fruto</p>	<p>Monriel</p>



Florentinos para recuperación de aceite



Torre de enfriamiento del efluente



Caldero



Atardecer en la planta extractora



Inspeccion tecnica para definir los puntos de muestro



Pantano artificial con pasto aleman



Senderos entre pantanos



Punto de muestro descarga final pantano 8



Toma de muestra pantano 8



Almacenamiento de la muestra en envase identificado

Análisis "In situ"



Transporte seguro de muestras y equipos



