

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“ANÁLISIS TEMPORAL DE PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE EFLUENTES EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES PESQUEROS - BAHÍA DEL CALLAO (PERIODO 2012-2016)”**

**Presentado por:**

**NATALIA CORONADO CUADROS**

**Trabajo de Titulación para Optar el Título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Lima – Perú**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre, al Señor y al Espíritu Santo, quienes me guían, protegen y dan fuerzas en cada paso que doy en un ambiente de paz, amor, gozo y seguridad.

A mi madre, quien con su gran amor, dedicación, ejemplo y perseverancia me ha dado las fuerzas y herramientas para poder lograr mis objetivos.

A mis hermanos quienes me acompañan y llenan mi vida.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
Página	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Justificación de la investigación.....	2
1.2. Objetivos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.1 Historia de la industria Pesquera de los EIP de Consumo Humano Indirecto en el Perú .	4
2.1.2. Industria Pesquera en la Bahía del Callao .....	5
2.1.3. Proceso de Producción de Harina y aceite de pescado.....	5
2.1.4 Efluentes del proceso de los EIP de CHI .....	8
2.1.5 Impactos ambientales relacionados al vertimiento de efluentes de los EIP de consumo humano indirecto.....	15
2.1.6 Normativa legal relacionada a los efluentes de procesos de los EIP de CHI .....	18
III. METODOLOGÍA .....	24
3.1 Lugar y Periodo de Estudio .....	24
3.2 Parámetros de Calidad de Efluentes.....	25
3.3 Fuente de Información .....	25
3.4 Etapas de la Investigación .....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1 Establecimientos Industriales Pesqueros (EIP).....	29
4.2 Análisis Estadístico de los Datos .....	29
4.3. Análisis del datos de los monitores de efluentes por Box Plot.....	35
4.4 Cumplimiento de los LMP de los monitoreos de efluentes por EIP .....	42
4.5 Cumplimiento de los LMP de los promedios anuales de las EIP.....	55
4.6 Porcentaje de cumplimiento de la normativa ambiental “LMP” .....	62
V. CONCLUSIONES .....	63

VI. RECOMENDACIONES.....	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
VIII. ANEXO.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Características físico químicas del agua de bombeo.....	10
Tabla 2: Características físico químicas de la sanguaza.....	11
Tabla 3: Composición química del agua de cola.....	12
Tabla 4: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de la Industria de Harina y Aceite de Pescado.....	20
Tabla 5: Normas referenciales para la descarga de aguas residuales - DBO <sub>5</sub> ...	21
Tabla 6: Temporadas de Pesca – Año 2012.....	22
Tabla 7: Temporadas de Producción– Año 2013.....	22
Tabla 8: Temporadas de Producción y Veda – Año 2014.....	22
Tabla 9: Temporadas de Producción y Veda – Año 2015.....	22
Tabla 10: Temporadas de Producción y Veda – Año 2016.....	23
Tabla 11: Porcentaje de cumplimiento de la normativa ambiental “LMP”.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de producción de Harina y Aceite de Pescado.....	08
Figura 2: Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de efluentes.....	13
Figura 3: Mapa de Ubicación de las EIP en la Bahía del Callao.....	24
Figura 4: Diagrama de la metodología.....	28
Figura 5: Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “María”.....	31
Figura 6: Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “Jaerock”.....	32
Figura 7: Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “Pedro.....	33
Figura 8: Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “Jesús”.....	34
Figura 9: Diagrama Box Plot para el parámetro pH para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016.....	38
Figura 10: Diagrama Box Plot para el parámetro DBO para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016.....	39
Figura 11: Diagrama Box Plot para el parámetro AyG para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016.....	40
Figura 12: Diagrama Box Plot para el parámetro SST para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016.....	41
Figura 13: Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “María”.....	42
Figura 14: Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “María”.....	43
Figura 15: Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “María”.....	44
Figura 16: Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “María”.....	45

Figura 17: Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”.....	46
Figura 18: Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”.....	47
Figura 19: Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”.....	48
Figura 20: Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”.....	49
Figura 21: Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”.....	50
Figura 22: Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”.....	50
Figura 23: Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”.....	51
Figura 24: Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”.....	52
Figura 25: Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”.....	53
Figura 26: Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”.....	53
Figura 27: Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”.....	54
Figura 28: Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”.....	55
Figura 29: Concentración Promedio Anual de pH en el periodo 2012- 2016, de las EIP de la Bahía del Callao.....	57
Figura 30: Concentración Promedio Anual de DBO en el periodo 2012- 2016, de las EIP de la Bahía del Callao.....	58
Figura 31: Concentración Promedio Anual de AyG en el periodo 2012- 2016, de las EIP de la Bahía del Callao.....	59
Figura 32: Concentración Promedio Anual de SST en el periodo 2012- 2016, de las EIP de la Bahía del Callao.....	60

Figura 33: Concentración Promedio Anual de pH, DBO, AyG y SST en el periodo 2012 - 2016, de los EIP de la Bahía del Callao.....	61
---	----

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis temporal durante los años 2012-2016, de los parámetros físico-químicos de calidad de los efluentes de proceso (SST, AyG, pH y DBO) de los establecimientos industriales pesqueros (EIP) de consumo humano indirecto (CHI) ubicados en la Bahía del Callao, los cuales, por confidencialidad de datos se han denominado para el presente proyecto: María, Pedro, Jaerock y Jesús. Los EIP en cumplimiento de la normativa sectorial remiten reportes de monitoreo de efluentes al Ministerio de la Producción; esta información, fue procesada y analizada. Se determinó el grado de cumplimiento de la tercera columna de los LMP aprobados mediante Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE (parámetros SST, AyG y pH) y del LMP referencial del país de Ecuador para el parámetro DBO. Del análisis de la información se concluye respecto al parámetro pH que todos los EIP cumplen con los LMP en todos los años estudiados; para el parámetro AyG se observa que el EIP Jesús cumple en un 100% con los LMP en todos los años evaluados, seguido por el EIP Jaerock con un 79.2 % y el EIP Pedro con un 77.3 %; en relación al parámetro SST, se aprecia que el EIP Jesús cumple con los LMP en un 100 % seguido por el EIP Jaerock con un 79.2 % y el EIP María con un 18.2 % de cumplimiento; en relación al parámetro DBO, en general, ningún EIP cumple con el LMP establecido en la norma referencial del Ecuador. Se observó que el EIP María, en general, no cumple con los LMP en mención. De los 4 EIP, el “EIP Jesús” es el que tiene mayor grado de cumplimiento de los LMP sectoriales, asimismo, se observó que los EIP, en general, presentan una tendencia a la mejora de calidad de efluentes, por consiguiente al cumplimiento de los LMP sectoriales como consecuencia de la implementación de los Planes de Manejo Ambiental (instalación de sistemas de tratamiento físico-químico de efluentes y mejoras en los procesos) exigidos mediante el D.S. N° 010-2008-PRODUCE.

*Palabras claves: efluentes, establecimiento industrial pesquero, consumo humano indirecto, Límite Máximo Permisible - LMP.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente, la actividad de producción de harina y aceite de pescado es considerada como una de las principales actividades que genera la mayor cantidad de divisas en el país (INEI, 2015).

El artículo 6° de la ley general de pesca, regula esta actividad en el extremo de adoptar medidas para prevenir, reducir y controlar los riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo terrestre y atmosférico. Asimismo, el artículo 12°, establece medidas como épocas de veda y pesca, entre otros, a fin de salvaguardar la sostenibilidad del stock de las especies. Referido a ello, las épocas de producción de harina y aceite de pescado, Actividad de Consumo Humano Indirecto (CHI) están sujetas al establecimiento de épocas de pesca por el Ministerio de la Producción.

Si bien esta industria ayuda a la economía del Perú, durante la época de producción los aspectos ambientales asociados al proceso generan impactos que podrían afectar principalmente la calidad de aire y del cuerpo marino receptor.

En este contexto, el Ministerio de la Producción ha establecido instrumentos para el control ambiental, como los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes y emisiones, Protocolos de monitoreo, entre otros. Asimismo, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, establece las medidas para prevenir los impactos ambientales negativos de los proyectos.

Al respecto, en relación al control de efluentes, los establecimientos industriales pesqueros (EIP) de CHI, están obligados a realizar la presentación de sus reportes de monitoreo de acuerdo a lo establecido en la Resolución Ministerial N° 003-2002-PE (PRODUCE, 2002).

En ese sentido, el objetivo general de este trabajo académico es realizar un análisis temporal de los índices de la calidad de efluentes del proceso de los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012- 2016, para lo cual se evalúa la calidad de los efluentes del proceso de establecimientos

industriales pesqueros (EIP) vertidos en la Bahía del Callao, respecto a los LMP, durante el periodo 2012-2016 y se determina el porcentaje del cumplimiento de las normas ambientales.

### **1.1. Justificación de la investigación**

Los efluentes producidos por las empresas industriales pesqueras de consumo humano indirecto, de ser vertidos sin un adecuado tratamiento, representan un alto riesgo de impacto negativo al medio marino.

En nuestro país se tienen casos de contaminación del cuerpo marino debido a actividades pesqueras de CHI, como los presentados en la bahía el ferrol, (IMARPE, 1996), en la Bahía de Chancay (Cabrera, 2001), entre otros.

Al respecto, las autoridades competentes en materia de gestión ambiental han establecido diversos instrumentos para prevenir, reducir y controlar la contaminación, como la presentación de reportes de monitoreo de efluentes de acuerdo a lo establecido en la R.M. N° 003-2002-PE y su modificatoria R.M. N° 061-2016-PRODUCE, el establecimiento de periodos de Veda y Pesca, los LMP aprobados mediante el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, y los Planes de Manejo Ambiental para efluentes de la industria pesquera.

En ese sentido, el presente estudio contribuye a conocer en qué grado ha mejorado la calidad de los efluentes pesqueros en el periodo 2012-2016, así como, la medida de cumplimiento de las normas establecidas sobre el vertimiento de efluentes.

Este trabajo, finalmente contribuirá a tener una información valiosa para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión ambiental pesquera.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Realizar un análisis temporal de los parámetros físico-químicos de calidad de los efluentes de proceso de los establecimientos industriales pesqueros (EIP) de la Bahía del Callao, periodo 2012- 2016.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros de calidad (SST y AyG) de los efluentes del proceso de los EIP vertidos en la Bahía del Callao, respecto a los LMP establecidos mediante Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, durante el periodo 2012-2016.
- Evaluar el parámetro de calidad (DBO) de los efluentes del proceso de los EIP vertidos en la Bahía del Callao, respecto a normativa internacional, durante el periodo 2012-2016.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1.1 Historia de la industria Pesquera de los EIP de Consumo Humano Indirecto en el Perú**

En las décadas del 50 y 60 la industria de harina y aceite de pescado fue el sector con mayor crecimiento económico en el Perú y a nivel mundial. En 1958 el Perú se ubica en el tercer lugar de producción en el mundo, precedido por EE.UU. y Japón, y en 1959 se convierte en el primer productor mundial de harina y aceite de pescado (Álvarez, 2000).

Sin embargo, este crecimiento fue desordenado debido a la construcción desordenada de embarcaciones y fábricas, lo cual, fue uno de los factores que llevaron a esta industria a una profunda crisis al comienzo de la década de los 70 (Álvarez, 2000).

En primer lugar, entre los años 1970-1973 la industria pesquera se encontró en una situación sumamente difícil, debido a la excesiva pesca de la anchoveta, la competencia internacional con la harina de soya, sumado al fuerte fenómeno de “El Niño” que condujo a una reducción significativa de los volúmenes de pesca, asimismo, el suceso del asesinato de Banchem Rossi, SNP (2004). Esto conlleva a que varias empresas quiebren y se encuentren en una situación que los llevaría al colapso, debido a la falta del recurso anchoveta. El gobierno militar de ese entonces enfrentó esta situación con la reformulación del sector (Álvarez, 2000).

En 1973, se crea Pesca Perú, empresa pública de producción de Harina y Aceite de Pescado, por la expropiación de 99 plantas, 1255 embarcaciones y más de 380 mil TM de Harina de Pescado en Stock, lo cual, conlleva luego al estancamiento y caída de la producción de la industria (SNP, 2004).

En 1976, el gobierno de Francisco Morales Bermúdez reorganiza Pesca Perú, mediante el D.L. N° 21450 declara en emergencia la extracción de Harina y Aceite Pescado y el D.L N°

21558 donde se establece la venta de todas las embarcaciones pesqueras de Pesca Perú. Asimismo, se reconoce al IMARPE como el ente Rector de la administración científica de la Anchoqueta (SNP, 2004).

En la actualidad, la actividad de producción de harina y aceite de pescado es considerado una de las principales actividades que genera la mayor cantidad de divisas en el país, asimismo, este sector creció en 154,03%, debido principalmente al aumento de la captura de anchoqueta para consumo humano indirecto (INEI, 2015).

### **2.1.2. Industria Pesquera en la Bahía del Callao**

En la Bahía del Callao se ha desarrollado una próspera industria pesquera ya sea de consumo humano indirecto (producción de harina y aceite de pescado) o de consumo humano directo (producción de conservas, congelado), representando uno de los rubros más importantes de la economía nacional.

### **2.1.3. Proceso de Producción de Harina y aceite de pescado**

El proceso de harina y aceite de pescado, inicia con la descarga de la materia prima y es el siguiente, ver figura 1:

#### **a. Recepción y almacenamiento de materia prima**

La materia prima capturada es descargada de las embarcaciones pesqueras hasta la planta mediante un sistema de bombeo acoplado a una tubería. Este sistema debe producir el menor daño al pescado en un tiempo mínimo y usando la menor cantidad de agua posible (Lezama y Rosillo, 2001).

La materia prima se descarga en la planta mediante un transportador elevador de mallas, y antes de ser transportado a las pozas de almacenamiento, se realiza el pesado en tolvas electrónicas (Grados, 1996).

La mezcla agua-pescado es recibida en planta por los desagüadores, estático y vibratorio, los que permiten que el agua de bombeo sea eliminada, esta contiene una alta

cantidad de sólidos y grasa del pescado, la cual, de ser vertida al medio marino sin algún tratamiento adecuado produciría altos niveles de contaminación (Landeo y Ruiz, 1996).

El almacenamiento de materia prima en pozas cuenta con drenajes para la sanguaza que es colectada en otra poza para su posterior tratamiento. El pescado se extrae de las pozas por medio de helicoidales que alimentan a un elevador, el cual abastece al cocinador (Landeo y Ruiz, 1996).

#### **b. Cocinado**

La materia prima ingresa a los cocinadores y es sometida a un proceso térmico con vapor (indirecto) con el fin de detener la actividad microbiológica y enzimática, las cuales, son responsables de la degradación y coagulación de las proteínas en fase sólida (Farro, 1996).

En esta etapa se forma 2 fracciones: la fracción acuosa, formada por la constitución del pescado, los sólidos en suspensión y el aceite suspendido de las células grasas por acción del calor, y la fracción sólida constituida principalmente por proteína o pulpa (Grados, 1996).

#### **c. Desaguado**

En el desaguado se separa la fracción sólida de la acuosa, donde se retira parte del líquido de la masa cocida al pasar por los tamices del desaguador (pre – strainer). El objetivo de esta etapa es facilitar el presado (Pizardi, 1992).

#### **d. Prensado**

Tiene la finalidad de extraer parte del aceite y agua, comprimiendo la materia prima hasta obtener una humedad de 50% o menos (Alcayhuaman y Yaya, 1997). En esta etapa se obtiene una fracción sólida, también llamada torta de prensa con una mínima cantidad de agua y grasa, y el licor de prensa, que contiene un alto porcentaje de sólidos insolubles, solubles y aceite (Landeo y Ruiz, 1996).

#### **e. Separado y centrifugado**

El licor de prensa es llevado a una centrífuga horizontal (decanters) con la finalidad de recuperar los sólidos insolubles en suspensión, obteniendo la torta de separadora que será añadida la torta de prensa para proseguir con el proceso de la harina (Lezama y Rozillo, 2001).

La fracción acuosa restante, el licor de separadora, tiene aún altos porcentajes de sólidos en solución, aceite y agua. Por ello, es precalentado a una temperatura de 95 °C y llevado a las centrifugas de separación líquido-líquido, donde se recupera el aceite crudo de pescado (Landeo y Ruiz, 1996).

**f. Evaporación de agua de cola**

Proceso donde se recupera los sólidos solubles que contiene el agua de cola, por medio de evaporadores, con una concentración de sólidos desde 7 % hasta 30-35% de sólidos, estos luego son agregados a la torta de prensa (Pizardi, 1992).

**g. Secado**

El secado es el tratamiento térmico más severo, donde el agua de cola concentrada, la torta de prensa y la torta de separadora son enviadas a los secadores, este proceso es de gran importancia para determinar la calidad de la harina y que contribuye a la eficiencia del consumo de energía de la planta (Landeo y Ruiz, 1996).

**h. Molienda**

La harina que sale del secador pasa por un molino de martillos locos donde se reduce el tamaño de las partículas de harina, con el fin de obtener una granulometría adecuada (Pizardi, 1992).

**i. Adición de Antioxidantes**

Los antioxidantes, se añaden a la harina para inhibir la oxidación del contenido de grasa. La cantidad de antioxidante que se agrega a la harina fluctúa entre 500 a 600 ppm (Pizardi, 1992).

**j. Pesado y envasado**

Este proceso se realiza en sacos de polipropileno de 50 kg (Alcayhuaman y Yaya, 1997).

### k. Almacenado

El almacenado se efectúa en ambientes techados y limpios formando rumas (Alcayhuaman y Yaya, 1997).

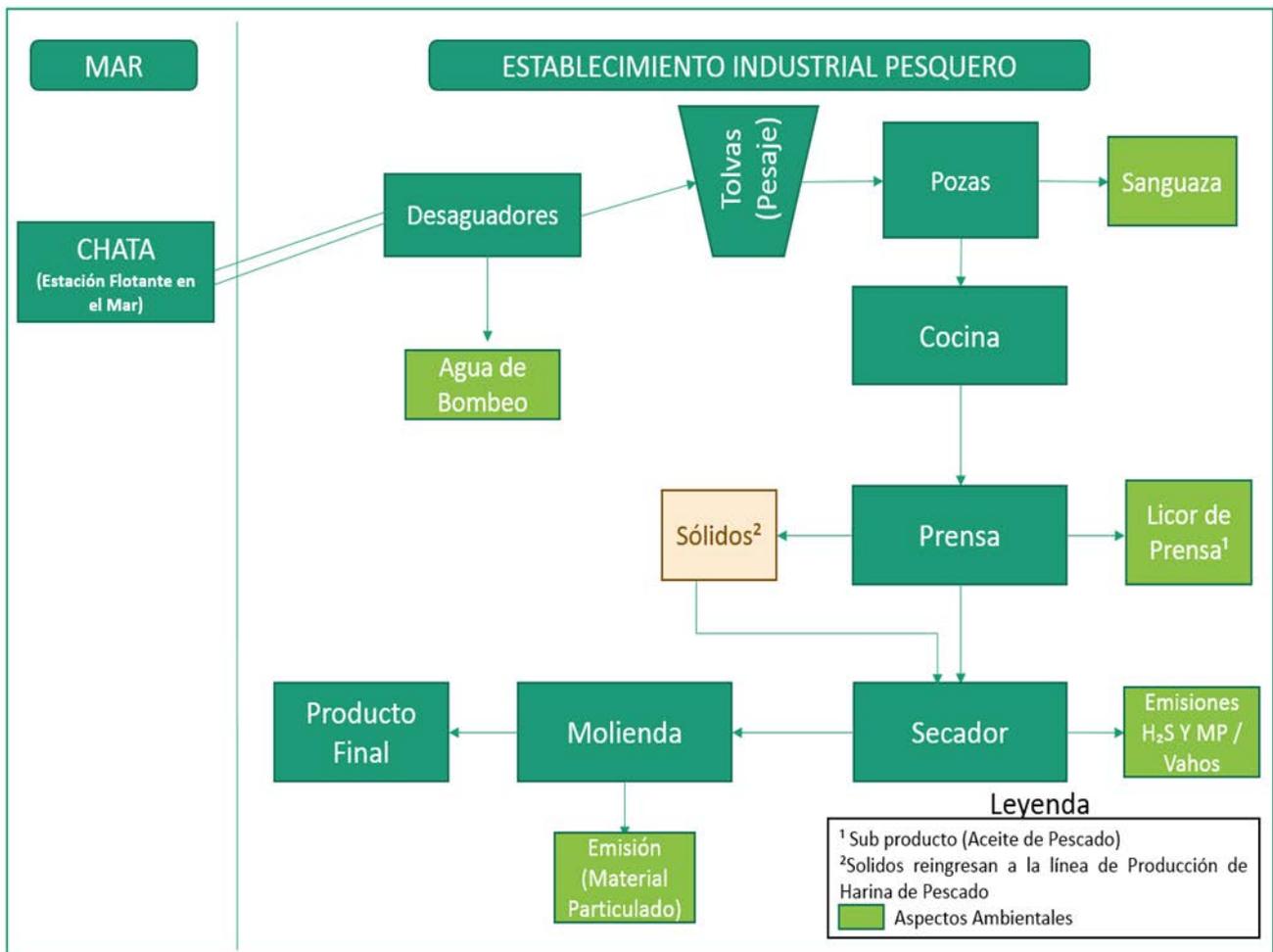


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de producción de Harina y Aceite de Pescado

### 2.1.4 Efluentes del proceso de los EIP de CHI

Los efluentes industriales son vertidos, en general, a cuerpos de aguas naturales. Estos vertimientos, podrían provocar deterioro en la calidad del cuerpo receptor, de no recibir un adecuado tratamiento, siendo un riesgo determinante que podría afectar la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Barrera, 1987).

#### **2.1.4.1. Tipos de Efluentes de proceso**

A continuación se caracterizan los efluentes que se generan en las diferentes etapas del proceso productivo de harina y aceite de pescado:

##### **a. Agua de Bombeo**

El agua de bombeo se origina durante el trasvase de la materia prima de la embarcación a la planta de procesamiento; contiene materia orgánica suspendida y diluida, aceites y grasas, sangre y agua de mar (PRODUCE, 2009).

El agua de bombeo es el producto líquido del agua de mar empleada en el transporte del pescado desde la “chata” a las pozas de almacenamiento. Para cada TM de pescado transportado se deberá emplear de 1.5 a 2.5 TM de agua de mar, dependiendo del sistema de bombeo utilizado (Pesca Perú, 1994). En Perú se trabaja principalmente con bombas hidráulicas que requieren una proporción agua: pescado de 2:1 para que no se dañe la materia prima (Castro, 2004).

Las características del agua de bombeo se relacionan directamente con los tiempos de captura, el tipo de materia prima, la estacionalidad de la pesca y el tipo de bombas usadas para el transporte (CONAM, 1998).

Castro (2004) reporta las características físico químicas del agua de bombeo según diferentes autores, ver Tabla 1.

**Tabla 1: Características físico químicas del agua de bombeo**

Parámetro	Valores	
Sólidos Totales	32-79 g/L	2.8%
Grasa	0.16-7.5 g/L	0.10%
Proteína Total	No Reporta	1.00%
Proteínas Solubles	0.3-7.50 g/L	NR
Ceniza	No Reporta	1.40%
DBO5	No Reporta	4600 ppm
DQO	490-12600ppm	35200 ppm
pH	No Reporta	6.2
Fuente	Mari et al.,(1994)	Del Valle et al.,(1990)

FUENTE: Castro (2004)

#### **b. Sanguaza**

La sanguaza se genera por la presión del pescado en las pozas de almacenamiento de materia prima de las plantas pesqueras, contiene agua, sangre y sólidos de pescado (PRODUCE, 2009). Este efluente tiene considerable carga orgánica. Presenta entre 6.0 a 8.0% de sólidos totales y entre 1.0 - 2.0% de grasa (Pesca Perú, 1995).

Asimismo, es el resultado de la acción bacteriana y la autólisis de las enzimas existentes en el estómago del pescado, originando pérdida de proteínas y aceites (CONAM, 1998). La generación de este efluente es potenciada por el trabajo inadecuado del equipo de descarga del pescado, la altura de las pozas, el tamaño de la anchoveta, y el tiempo y temperatura de almacenamiento (Landeo y Ruiz, 1996).

Su producción se debe evitar en lo posible, y si ocurre debe ser procesada rápidamente para evitar su descomposición y permitir el aprovechamiento de los sólidos y el aceite que contiene (Landeo y Ruiz, 1996). Según estudios realizados en Chile, la producción de sanguaza en el proceso puede alcanzar un 2 a 10% del pescado almacenado (Parin et al., 1979, citados por Del Valle y Aguilera (1990).

En el Tabla 2 se muestran las características físicas químicas de la sanguaza, según Del Valle y Aguilera (1990).

**Tabla 2: Características físico químicas de la sanguaza**

<b>Parámetro</b>	<b>Valores</b>
Sólidos Totales	4.6-7.3%
Grasa	0.8-1.2%
Proteína Total	2.2-4.4%
DQO	93000 ppm
pH	6.9

Fuente: Del Valle y Aguilera (1990)

**c. Agua de cola**

Fracción Líquida obtenida a partir del licor de prensa después de haber eliminado gran parte de los sólidos en suspensión y de la materia grasa (PRODUCE, 2016). Es el efluente con mayor contenido de materia orgánica (PRODUCE, 2009). Se calcula que por cada TM de pescado fresco procesado se produce alrededor de media TM de agua de cola, con un contenido del 7% de sólidos (Castro, 2004).

El agua de cola es un efluente del procesamiento de harina de pescado que posee una carga orgánica muy alta y cuya descarga, cuando no es reaprovechada, genera un impacto negativo de elevada magnitud sobre el ecosistema marino (Castro, 2004). El tratamiento del agua de cola se realiza para la recuperación de sólidos y aceites (CONAM, 1998).

La mayor parte de sólidos contenidos en el agua de cola es proteína, aunque también es una fuente rica en minerales y vitaminas (Landeo y Ruiz, 1996).

La composición del agua de cola es bastante variable, dependiendo tanto de la materia prima de la cual provenga, como de las condiciones de operación de la planta y del estado de los equipos (Tornes y George, 1970).

La recuperación de los sólidos del aceite no se hace únicamente por el propio valor del aceite recuperado sino que es una operación previa indispensable para poder aprovechar el agua de cola; cuyos sólidos presentes son en su mayor parte proteínas y su recuperación como harina integral representa un considerable aumento del contenido de

proteínas en la harina y, por tanto, un incremento del valor real de toda la harina producida (Tornes y George, 1972).

Rodríguez (2002) reporta la composición química aproximada del agua de cola según varios autores. Ver Tabla 3.

**Tabla 3: Composición química del agua de cola**

Parámetro	Valores	
Agua (%)	91.0-94.0	90.00-93.00
Grasa (%)	0.2-0.9	0.30
Proteína (%)	-	7.10
Ceniza (%)	-	1.00
Sólidos Totales (%)	6.00-9.00	9.40
Fuente	Landeo y Ruiz (1996)	Del Valle y Aguilera (1990)

FUENTE: Rodríguez (2002)

#### **2.1.4.2. Tratamiento de efluentes de proceso de las plantas de Harina y Aceite de Pescado**

El tratamiento del agua de bombeo inicia con el ingreso a los filtros rotativos con aberturas de malla de diferente diámetro (0.1 mm – 1 mm), con el fin de recuperar sólidos, que reingresan al proceso, posteriormente el efluente ingresa a una trampa de grasa y celdas DAF con inyección de microburbujas, para atrapar las moléculas de grasa que ascenderán a la superficie y que por medio de un barrido se colectarán en un tanque de espumas. El efluente resultante es derivado a un tanque equalizador en donde se homogeniza, luego ingresa a una celda química en donde se dosifica coagulantes y floculantes, finalmente se obtiene un efluente que deberá cumplir con los LMP y ser vertidos hacia el emisor submarino; por otro lado, los lodos resultantes son derivados a una separadora ambiental en la cual se obtienen sólidos que son destinados a una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos, el efluente vuelve al tanque equalizador.

El licor de prensa, es derivado al tricanter que tiene por función separarlo en tres fases: sólidos, aceite y agua de cola, este último es derivado a la planta evaporadora del agua de

cola (el líquido es utilizado para limpieza y el concentrado regresa al proceso para mezclarse con la torta antes de entrar al secador).

La sanguaza que drena de las pozas de almacenamiento de materia prima es colectada en un tanque pulmón, luego pasa a un tanque coagulador, y posterior al intercambiador de calor finalmente pasa a una separadora (liquido, solidos) y el líquido pasa a la centrifuga (agua de cola y aceite). En la figura 2 se presenta un diagrama de flujo general del sistema de tratamiento de efluentes.

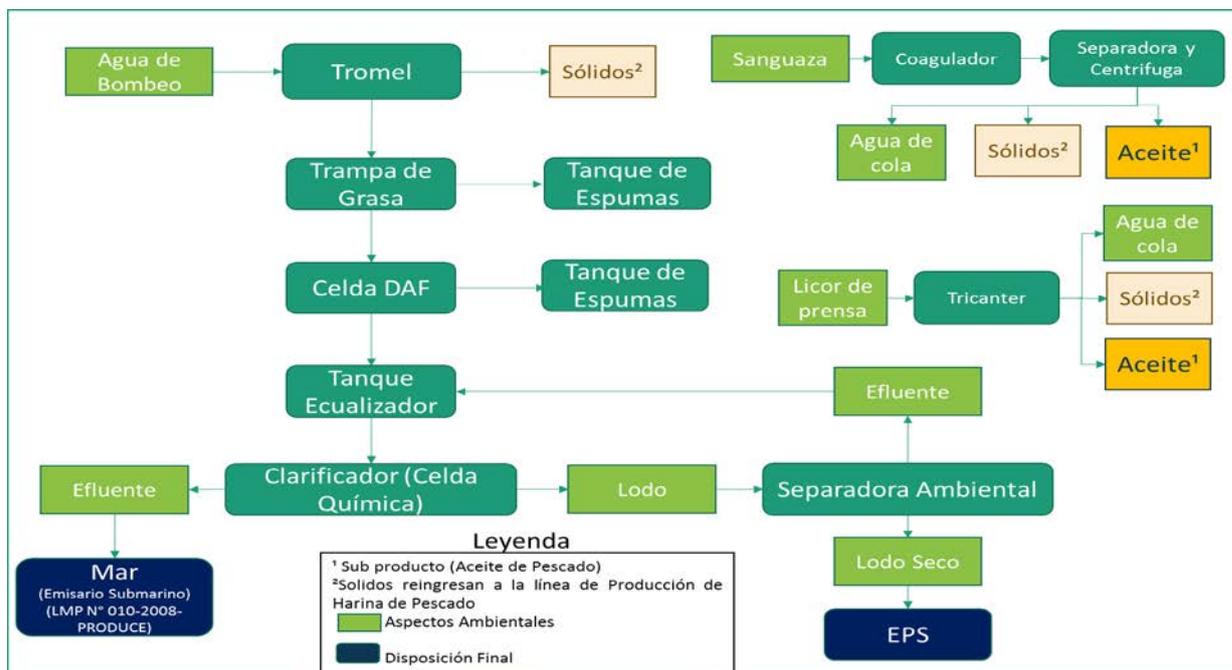


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de efluentes

### 2.1.4.3 Parámetros Característicos de efluentes

Los parámetros característicos de los efluentes pesqueros de CHI, establecidos en la normativa D.S 010-2008- PRODUCE son:

#### a. Potencial de Hidrogeno pH

El pH es una medida utilizada por la ciencia y la química, la cual, mide el grado de acidez o alcalinidad de determinada sustancia, principalmente en estado líquido. Esta medida proporciona la cantidad de iones hidrogeno (H<sup>+</sup>), si la sustancia es acida, y si es alcalina libera iones hidroxilos (OH<sup>-</sup>) (Riaño, 2004).El pH se expresa matemáticamente como el

logaritmo decimal del número recíproco de la concentración de iones hidrógeno, calculada en moles/L (Riaño, 2004).

#### **b. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno se define como la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos heterótrofos, para transformar la materia orgánica metabolizable de la muestra a examinar en anhídrido carbónico, agua y productos finales. Se realiza en condiciones aeróbicas, con presencia suficiente de oxígeno libre desde el comienzo al final de la prueba, midiéndose la acumulación del oxígeno utilizado. El resultado se expresa en miligramos de oxígeno utilizado por litro de agua examinada (Baird, 2002, mencionado por Gil, 2006).

#### **c. Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Los SST se define como la concentración de partículas que son retenidas en un medio filtrante de microfibras de vidrio, con un diámetro de poro de 1.5 micrómetros o su equivalente (Sánchez, 2011).

La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas que no se pueden eliminar por medio de deposición. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga cierta turbidez. Sus unidades de medida suelen ser en mg/L o en ppm (Elías, 2012).

#### **d. Aceites y grasas**

Las grasas y aceites están constituidos casi totalmente por triacilglicéridos (comúnmente llamados triglicéridos), que son ésteres de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos (Primo, 2007).

En la determinación de grasas y aceites no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica; se determinan grupos de sustancias con características físicas similares con base en su solubilidad en el solvente. Así, el término "grasas y aceites" comprende cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente (n-hexano). Esto incluye otros materiales extraídos por el solvente de la muestra acidificada. La unidad de medida es mg/L (Primo, 2007).

### **2.1.5 Impactos ambientales relacionados al vertimiento de efluentes de los EIP de consumo humano indirecto**

Los impactos de mayor significancia de los efluentes de los EIP de CHI, son los siguientes (PRODUCE, 2009):

#### **a. Modificación de las características físico químicas del agua de mar**

Los cambios físicos como el aumento de temperatura disminuyen la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción (Echarri, 2007).

Los cambios químicos se deben a la incorporación de grandes volúmenes de materia orgánica, En estas condiciones disminuye el contenido de oxígeno disuelto, que en casos extremos puede llegar a la anoxia, alteraciones en el pH del agua y en la capacidad de óxido-reducción de los sedimentos (PRODUCE, 2009).

Las aguas contaminadas con vertidos industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc. (Echarri, 2007).

La DBO es el oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos aerobios. Cuando los niveles de la DBO son altos, los niveles de oxígeno Disueltos serán bajos, ya que las bacterias están consumiendo ese oxígeno en gran cantidad. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas (Sánchez *et al.*, 2007).

La presencia de compuestos orgánicos en el agua crea emulsiones y películas que impiden la penetración de la luz, evitando la fotosíntesis. Además, impide el paso del aire, provocando la no oxigenación de las aguas superficiales (Jiménez, 2002).

## **b. Alteración de la calidad de sedimentos del fondo marinos**

La incorporación de materia orgánica y la incapacidad del sistema para asimilarla, producen cambios profundos en los ecosistemas marinos y acumulación de sedimentos reductores (ácidos húmicos y fúlvicos) y refractarios a la degradación (PRODUCE, 2009).

Las partículas en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces (Echarri, 2007).

Los sedimentos aumentan los niveles de perturbación de los bentos fomentando un cambio en la composición de las especies de larga duración y de reclutamiento lento. Es importante tener en cuenta que la mayoría del lecho marino alrededor puede ser el resultado de disturbio. También es probable que las especies sensibles dejen de estar presentes en esas zonas (Macdonald et al., 1996)

## **c. Alteraciones en el ecosistema marino**

La contaminación por materia orgánica origina la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, lo cual conlleva a una reducción de oxígeno para las especies acuáticas (PRODUCE, 2009).

Por ejemplo, las sustancias orgánicas contenidas en el agua de bombeo, al degradarse, se combinan con el oxígeno contenido en el agua, pudiendo llegar a agotarlo totalmente y por lo tanto matando por asfixia a todas las especies que se encuentran en las aguas afectadas por el agua de bombeo. Asimismo, las bacterias anaeróbicas pueden producir gases que también son tóxicos. El aceite y las grasas, al subir a la superficie, forman una fina película que impide el paso del oxígeno del aire y por lo tanto impide la fotosíntesis y también puede provocar la asfixia de diversas especies marinas. Las sustancias óseas al precipitarse en el fondo hacen más difícil la vida de las especies bentónicas (Álvarez, 2000).

#### **d. Alteración de la Calidad de Vida**

Las áreas acuáticas donde se vierten efluentes de la industria pesquera sufren severos cambios en la transparencia, adquieren hedor desagradable y cambio de coloración, producto de frecuentes blooms fitoplanctónicos o de bacterias (PRODUCE, 2009).

Las materias orgánicas en descomposición pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones (Echarri, 2007).

Los aceites y grasas procedentes de procesos industriales son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos (Echarri, 2007).

#### **e. Casos de Impactos ambientales en el cuerpo marino debido a efluentes de la industria pesquera**

##### **Bahía de Chancay (Cabrera, 2001)**

En el estudio realizado por Cabrera, 2001, se menciona que la contaminación de las aguas costeras de la Bahía de Chancay provocada por el vertido de efluentes industriales pesqueros, resultó en concentraciones de Oxígeno Disuelto y DBO<sub>5</sub> que no cumplieron con las normas ambientales en cuerpo marino receptor, por ejemplo, se presentó casos extremos de 0,00 mg/l de Oxígeno disuelto, 120 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 0.00 bits/ind. en biodiversidad en sedimentos, entre otros, los cuales, confirmaron una alta contaminación.

El análisis de los resultados obtenidos en la mencionada investigación demostró la existencia de condiciones ambientales extremas en el agua y sedimento marino muy por encima o debajo de las normas legales vigentes, según sea el caso. El impacto físico, químico y biológico causado por la contaminación en el agua de mar de la bahía de Chancay se consideró como crítico.

Asimismo, se percibe el impacto socioeconómico, el cual, es considerado como severo debido al deterioro de áreas recreativas, turísticas y playas, representando un costo para

la sociedad, por la pérdida de ecosistemas, afectación de las condiciones sanitarias y la vulnerabilidad de la zona. Además, el impacto en la salud de la población de Chancay percibida mediante encuesta, se consideró severo, por la aparente primacía de enfermedades respiratorias e infecciones gastrointestinales.

### **Bahía el Ferrol**

La actividad pesquera industrial se considera una fuente potencial de contaminación principal en esta bahía. Después de analizar los parámetros de calidad de agua; oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, DBO y otros se llegó a la conclusión que la carga de materia orgánica de esta industria induce a procesos anóxicos y de eutrofización, que afectan al cuerpo marino receptor, playas, litoral costero y recursos hidrobiológicos costeros (IMARPE, 1996).

Algunos impactos ocasionados en la Bahía el Ferrol son la reducción y desaparición de flora, reducción y desaparición de fauna, alteración de procesos biológicos, alteración de las condiciones físicas, alteración de las condiciones químicas, alteración de las corrientes, alteración del color, olores desagradables, variación de la composición, alteración de los procesos geomorfológicos, cambio en naturalidad, cambio en singularidad, intoxicaciones transmisión enfermedades, desaparición turismo, reducción pesca artesanal y otros ( CONAM, 1998).

## **2.1.6 Normativa legal relacionada a los efluentes de procesos de los EIP de CHI**

### **2.1.6.1 Ley general de pesca N°25977**

Artículo 6.- El Estado, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, vela por la protección y preservación del medio ambiente, exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo terrestre y atmosférico.

### **2.1.6.2 Límites Máximos Permisibles (LMP) para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias (D.S. N° 010-2008-PRODUCE, 30 abril de 2008)**

**El Límite Máximo Permisible (LMP)** es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión que al ser excedida o causa o puede causar daño a la salud, al bienestar humano y al medio ambiente. Los Niveles de concentración determinados en los LMP no se deben exceder ya que constituiría un riesgo a la salud humana y a la vida acuática. El ente encargado de su formulación es el Ministerio del Ambiente. (PRODUCE, 2008).

El **D.S. N° 010-2008-PRODUCE** establece el marco jurídico regulador de los efluentes de la actividad pesquera para los parámetros AyG, pH y SST, ver tabla N°4. Este LMP es de obligatoriedad para los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevos y para aquellos que se reubiquen (PRODUCE, 2008).

Asimismo, esta norma regula la implementación de sistemas de tratamiento integrado y disposición final adecuados. Para las empresas que funcionen antes de la norma deberán actualizar su PMA aprobado en su EIA o PAMA, teniendo en cuenta la primera disposición complementaria de dicha norma (PRODUCE, 2008).

**Tabla 4: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de la Industria de Harina y Aceite de Pescado**

Parámetros contaminantes	I	II	III	MÉTODO DE ANÁLISIS
	Límites máximos permisibles de los efluentes que serán vertidos <u>dentro de la zona de protección ambiental litoral</u> (a)	Límites máximos permisibles de los efluentes que serán vertidos <u>fuera de la zona de protección ambiental litoral</u> (a)	Límites máximos permisibles de los efluentes que serán vertidos <u>fuera de la zona de protección ambiental litoral</u> (b)	
Aceites y Grasas (A y G)	20 mg/l	1,5*10 <sup>3</sup> mg/l	0.35*10 <sup>3</sup> mg/L	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th. Ed. Method 5520D. Washington; o Equipo Automático Extractor Soxhlet
Solidos suspendidos Totales (SST)	100 mg/l	2,5*10 <sup>3</sup> mg/l	0.70*10 <sup>3</sup> mg/L S	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th. Ed. Part.2540D Washington
pH	6-9	5-9	5-9	Protocolo de Monitoreo aprobado por Resolución Ministerial N° 003-2002-PE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	< 60 mg/l	(c)	(c)	Resolución Ministerial N° 003-2002-PE (d)

FUENTE: Produce (2008)

- (a) La Zona de Protección Ambiental Litoral establecida en la presente norma es para uso pesquero.
- (b) De obligatorio cumplimiento a partir de los dos (2) años posteriores a la fecha en que sean exigibles los LMP señalados en la columna anterior.
- (c) Ver Segunda Disposición Complementaria y Transitoria.
- (d) El Protocolo de Monitoreo será actualizado.

Respecto al parámetro DBO del efluente, ver Tabla N° 5, se presentan normas referenciales. De la información presentada, se observa que la norma ecuatoriana considera concentraciones de efluentes que serán vertidos por emisores submarinos, situación análoga a la disposición de los efluentes pesqueros de CHI.

**Tabla 5: Normas referenciales para la descarga de aguas residuales - DBO<sub>5</sub>**

Referencia	Descripción	DBO <sub>5</sub> Concentración (mg/L)
Normas oficiales para la calidad del agua. Venezuela, 1995.	Descarga a medio marino-costero	60
Decreto ejecutivo N° 1589 del 2006 que modifica el Decreto N° 3516 del 2003 texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente de la República de Ecuador (Anexo 1 del libro VI): norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (agua marina)	Descarga de efluentes mediante emisores submarinos	400

Fuente: Elaboración Propia, con la información de la referencia

#### **2.1.6.3 Guía para la Actualización del Plan de Manejo Ambiental (PMA) para que los titulares de los establecimientos industriales pesqueros alcancen el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles aprobados por Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE (R.M N° 181-2009-PRODUCE)**

A través de esta norma, los EIP presentan los PMA, referido a los sistemas de tratamiento para cumplir con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE

#### **2.1.6.4 Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y cuerpo Marino Receptor para la Industria Pesquera de Consumo Humano Indirecto (R.M. N° 003-2002-PE y su modificatoria R.M. N° 061-2016-PRODUCE)**

Estos protocolos estandarizan los procedimientos, métodos de muestreo y análisis de los efluentes, asegurando la calidad de los datos y su compatibilidad. Los establecimientos industriales pesqueros con licencia de operación para el proceso de especies hidrobiológicas de CHI, deberán presentar los resultados conforme a lo especificado en los protocolos.

#### **2.1.6.5 Establecimientos de épocas de veda y pesca de la anchoveta**

En el Artículo 12 de la Ley general de pesca N°25977, se establece los sistemas de ordenamiento donde se considerará, según sea el caso, regímenes de acceso, captura total

permisible, magnitud del esfuerzo de pesca, períodos de veda, temporadas de pesca, tallas mínimas de captura, zonas prohibidas o de reserva, artes, aparejos, métodos y sistemas de pesca, así como las necesarias acciones de monitoreo, control y vigilancia.

Estas acciones se realizan a partir de la recomendación científica del IMARPE, a fin de salvaguardar la sostenibilidad del stock de dicha especie.

En las Tablas 6, 7, 8, 9 y 10 se aprecia las temporadas de pesca de la anchoveta correspondientes a los años 2012, 2013, 2014 y 2015, respectivamente.

**Tabla 6: Temporadas de pesca – Año 2012**

<b>Temporadas de Producción</b>		
<b>TEMPORADA</b>	<b>ZONA NORTE</b>	<b>ZONA SUR</b>
1era	02 /05/2012 al 31/07/2012	17/02/2012 al 31/07/2012
2da	22/11/2012 al 31/01/2013	22/11/2012 al 31/12/2012

**Tabla 7: Temporadas de producción– Año 2013**

<b>Temporadas de Producción</b>		
<b>TEMPORADA</b>	<b>ZONA NORTE</b>	<b>ZONA SUR</b>
1era	17 /05/2013 al 31/07/2013	11/01/2013 al 01/09/2013
2da	12/11/2013 al 31/01/2014	31/10/2013 al 15/06/2014

**Tabla 8: Temporadas de producción y veda – Año 2014**

<b>Temporadas de Producción</b>		
<b>TEMPORADA</b>	<b>ZONA NORTE</b>	<b>ZONA SUR</b>
1era	23 /04/2014 al 31/07/2014	30/06/2014 al 30/09/2014
2da	-----	-----

**Tabla 9: Temporadas de producción y veda – Año 2015**

<b>Temporadas de Producción</b>		
<b>TEMPORADA</b>	<b>ZONA NORTE</b>	<b>ZONA SUR</b>
1era	09/04/2015 al 31/07/2015	26/03/2015 al 31/07/2015
2da	17/11/2015 al 31/01/2016	01/08/2015 al 31/12/2015

**Tabla 10: Temporadas de producción y veda – Año 2016**

	<b>Temporadas de Producción</b>	
<b>TEMPORADA</b>	<b>ZONA NORTE</b>	<b>ZONA SUR</b>
1era	27/06/2016 al 27/07/2016	02/02/2016 al 30/06/2016
2da	12/11/2016 al 27/01/2016	07/07/2016 al 31/12/2016

Fuente: Elaboración Propia de establecimiento de épocas de pesca de PRODUCE

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Lugar y Periodo de Estudio

La información recolectada para el trabajo de investigación proviene de los reportes de monitoreo de efluentes que los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano indirecto ubicados en la Bahía del Callao alcanzan al Ministerio de la Producción. La información recolectada corresponde a cuatro (04) EIP, los cuales, por confidencialidad de información, se han denominado en el presente proyecto: María, Pedro, Jaerock y Jesús. En la Figura 3, se representa la ubicación de los EIP en la Bahía del Callao.

En el presente estudio se analizará información de los reportes de monitoreo de efluentes correspondiente a los años 2012-2016.

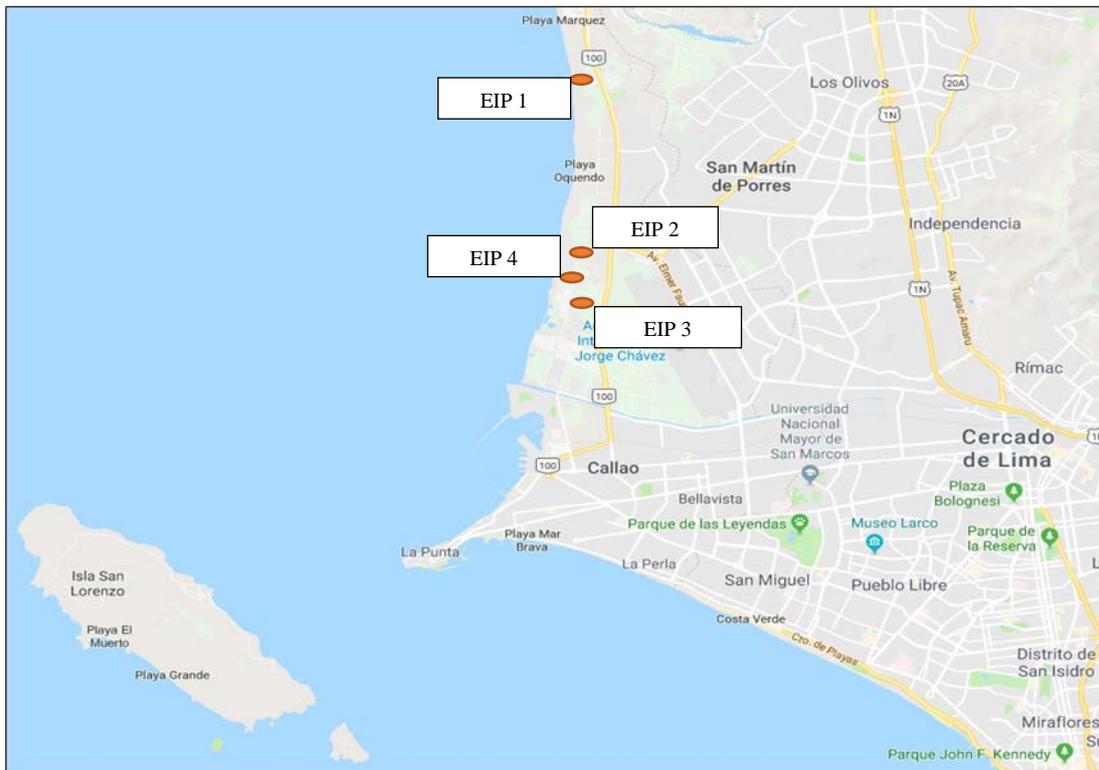


Figura 3. Mapa de Ubicación de los EIP en la Bahía del Callao

### **3.2 Parámetros de Calidad de Efluentes**

Los parámetros de calidad de efluentes estudiados en el presente trabajo son:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
2. Potencial de hidrogeno (pH)
3. Aceites y grasas (AyG)
4. Sólidos suspendidos totales (SST).

Estos parámetros serán comparados con los LMP aprobados mediante D.S. N° 010-2008-PRODUCE; por otro lado, el parámetro DBO<sub>5</sub>, será comparado con lo establecido en el texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente de Ecuador, aprobado mediante Decreto ejecutivo N° 1589 del 2006 “descarga de efluentes mediante emisores submarinos”.

### **3.3 Fuente de Información**

Los titulares de los EIP de CHI presentan al Ministerio de la Producción los reportes de monitoreo de efluentes de proceso, estos monitoreos se realizan teniendo en cuenta lo establecido en el protocolo para el Monitoreo de Efluentes para los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Indirecto (R.M. N° 003-2002-PE y su modificatoria R.M. N° 061-2016-PRODUCE).

Para el desarrollo del presente trabajo se contó con la información procedente de los reportes de monitoreo de efluentes de los EIP de CHI, que operan en la zona de la Bahía del Callao, los cuales, por confidencialidad de información, se han denominado en el presente proyecto: María, Pedro, Jaerock y Jesús, en cumplimiento del protocolo de monitoreo para efluentes y cuerpo marino receptor del Sector (PRODUCE, 2016), asimismo, se precisa que los EIP podrían haber presentado un mayor número de reportes a los de estudio en el presente trabajo.

La toma de muestras de efluentes realizadas por los EIP, se realizan según lo establecido en el protocolo para monitoreo de efluentes de CHI, se miden después de la descarga de materia prima al final del sistema de tratamiento, el muestreo se denomina “muestro de verificación”

y consiste en: se toman tres muestras compuestas en una jornada diaria, la verificación del cumplimiento del LMP se realizara del promedio de las tres muestras compuestas tomadas en el día, las muestras compuestas, consisten en la colección de 3 muestras, tomadas cada 10 minutos en un volumen de 3 litros cada una, inmediatamente colectadas las muestras, se homogenizan en un envase de 10 litros de capacidad y se toman las alícuotas respectivas para cada parámetro a analizar (PRODUCE, 2016).

### **3.4 Etapas de la Investigación**

#### **3.4.1 Información a Estudiar**

De la información solicitada a PRODUCE, se determinó 4 establecimientos industriales pesqueros de consumo humano indirecto que vierten sus efluentes a la Bahía del Callao denominados María, Pedro, Jaerock y Jesús, y que presentan sus reportes de monitoreo de forma continua al Ministerio de la Producción durante los años 2012 al 2016.

De los reportes de monitoreo, se procesó y estudió los parámetros, SST, AyG, pH y DBO de los efluentes de proceso en el periodo 2012-2016.

#### **3.4.2 Análisis de la Información, ver figura N° 4**

- En primer lugar, se procedió al ingreso y ordenamiento de la base de datos en la herramienta Excel 2013 de los parámetros de los efluentes del proceso por Establecimiento Industrial Pesquero de Consumo Humano Indirecto: pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Aceites y Grasas, y sólidos suspendidos totales (SST).
- La DATA ingresada de las concentraciones de los parámetros de efluentes de proceso, corresponde a los periodos de pesca durante los años 2012-2016.
- Se procedió a realizar la prueba estadística de Anderson-Darling, para probar la normalidad de los datos de cada parámetro en estudio, mediante el uso del programa estadístico MINITAB 16.

- La DATA normalizada se analizó mediante la prueba de Anderson y Darling para evaluar la significancia de los cambios en los valores de los parámetros a evaluar durante el periodo 2012-2016.
- Se realizó el análisis información mediante el diagrama de cajas “Boxplot”
- Se elaboraron gráficas continuas de series de tiempo, con la finalidad de observar con mayor detalle la variación en el tiempo, tendencia de cada parámetro de los efluentes, durante los años de evaluación establecidos, utilizando el programa Excel 2013.
- Se procedió a evaluar el cumplimiento de la tercera columna del D.S. N° 010-2008-PRODUCE, que establece los LMP para AyG, pH y SST para la Industria de Harina y Aceite de pescado.
- Asimismo, se procedió a evaluar el grado de cumplimiento del parámetro DBO, teniendo como referencia la concentración establecida en el texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente de Ecuador aprobado mediante Decreto ejecutivo N° 1589 del 2006 “descarga de efluentes mediante emisores submarinos”.

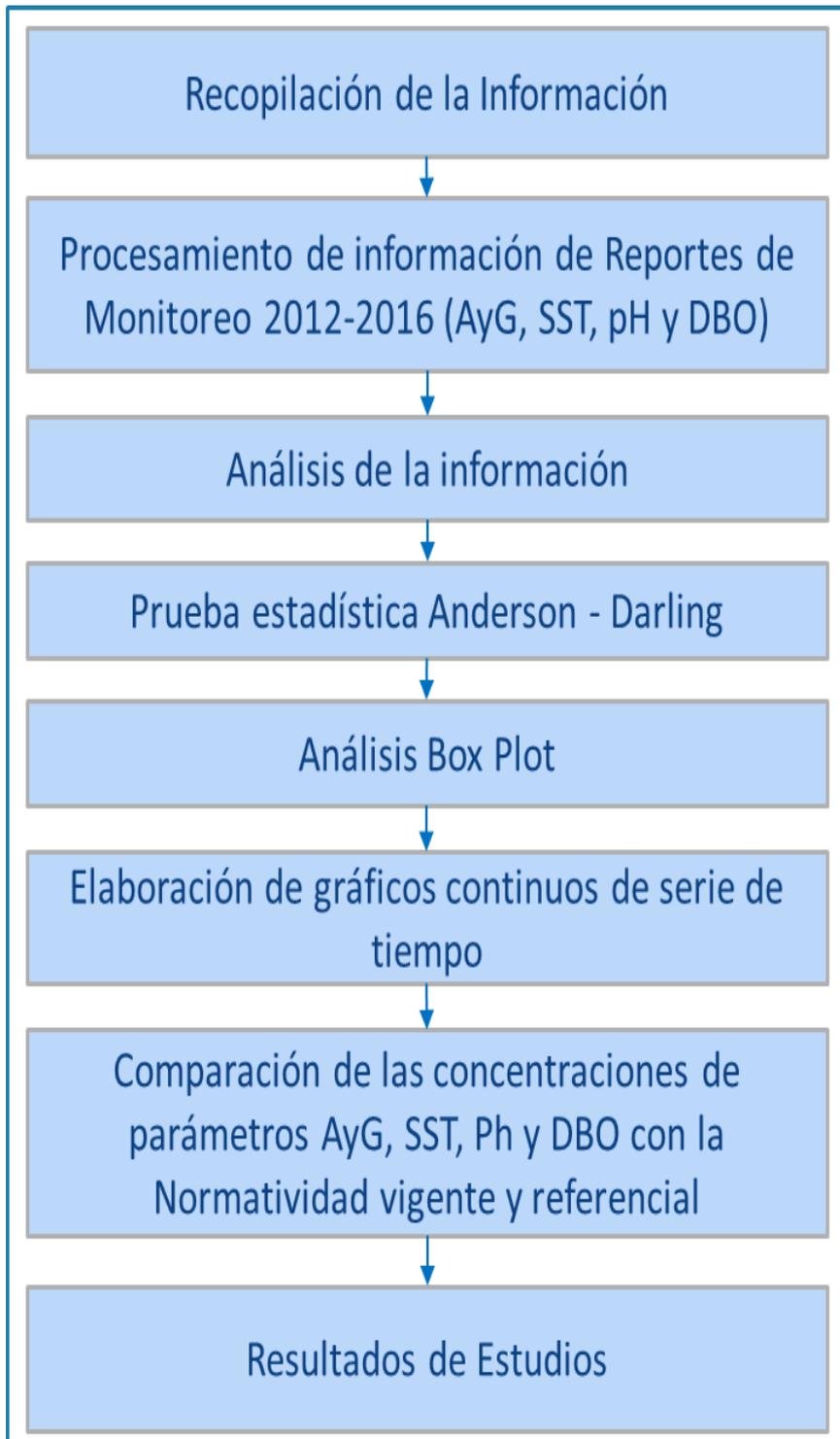


Figura 4. Diagrama de la metodología

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Establecimientos Industriales Pesqueros (EIP)**

Los cuatro (04) Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Indirecto ubicados en la Bahía del Callao, estudiados en el presente trabajo, alcanzan los reportes de monitoreo de efluentes a la instancia de competencia ambiental del Ministerio de la Producción; estos EIP se denominan en el presente estudio: María, Pedro, Jaerock y Jesús.

### **4.2 Análisis Estadístico de los Datos**

Se le realizó la normalidad de los datos de los monitoreos de los EIP que vierten sus efluentes en la Bahía del Callao mediante la prueba de Anderson y Darling, para evaluar la variación de las concentraciones de efluentes por parámetro.

En la Figura 5, se aprecia la aplicación de la normalidad de los datos por parámetro respecto al EIP “María”; se observa la existencia de normalidad de datos por la prueba de Anderson y Darling para los parámetros pH, AyG y DBO dado que presentan valores de P-value mayores al valor de significancia 0.005, mientras que para el parámetro SST el P-value es menor al valor de significancia, 0.005, es decir los datos no siguen una distribución normal.

En la Figura 6, se aprecia la aplicación de la normalidad de los datos para el EIP “Jaerock”; se observa la existencia de normalidad de datos por la prueba de Anderson y Darling solo para el parámetro DBO, dado que presentan valores de P-value mayor al valor de significancia 0.005, mientras que para los otros tres parámetros el P-value es menor al valor de significancia, 0.005, es decir los datos no siguen una distribución normal.

En la Figura 7, se aprecia la aplicación de la normalidad de los datos para el EIP “Pedro”, se observa la existencia de normalidad de datos por la prueba de Anderson y Darling para los parámetros pH y DBO dado que presentan valores de P-value mayores al valor de

significancia, 0.005, mientras que para los parámetros AyG y SST el P-value es menor al valor de significancia 0.005, es decir, los datos no siguen una distribución normal.

En la Figura 8, se aprecia la aplicación de la normalidad de los datos para el EIP “Jesús”, se observa la existencia de normalidad de datos por la prueba de Anderson y Darling para el parámetro DBO dado que presenta valor de P-value mayor al valor de significancia, 0.005, mientras que para los otros tres parámetros el P-value es menor al valor de significancia 0.005, es decir los datos no siguen una distribución normal.

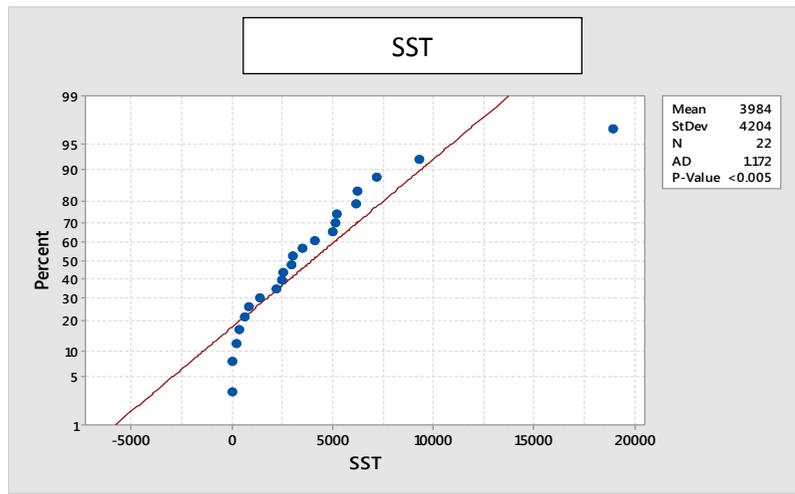
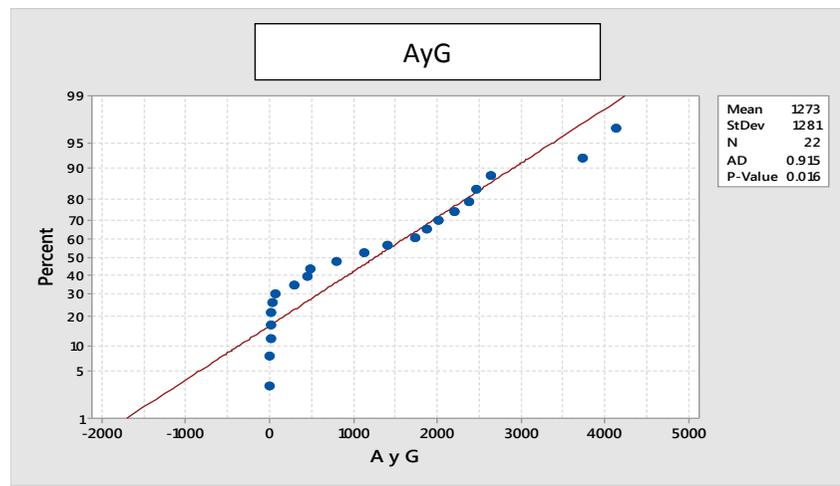
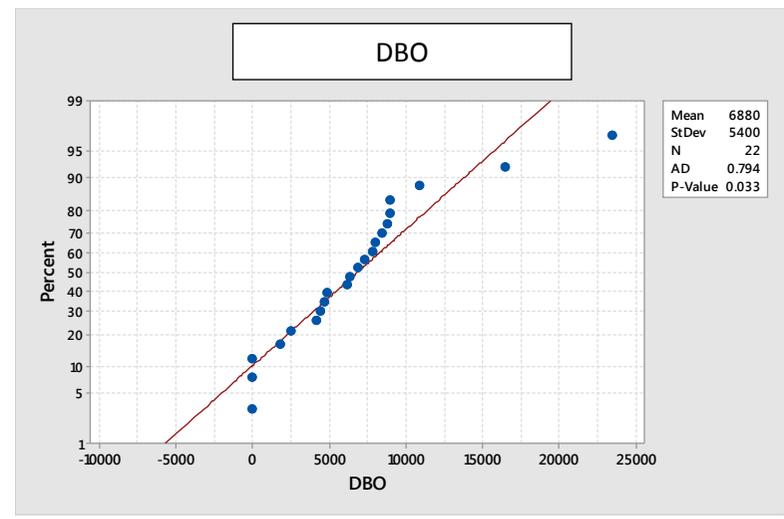
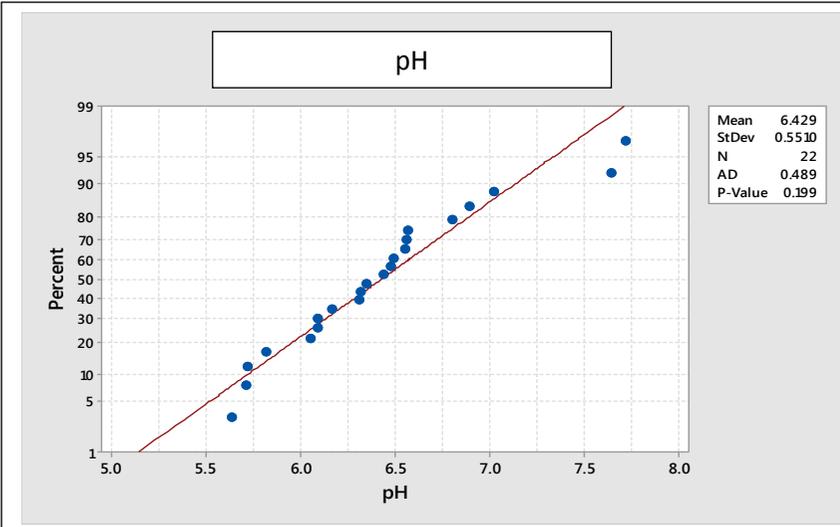


Figura 5. Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “María”

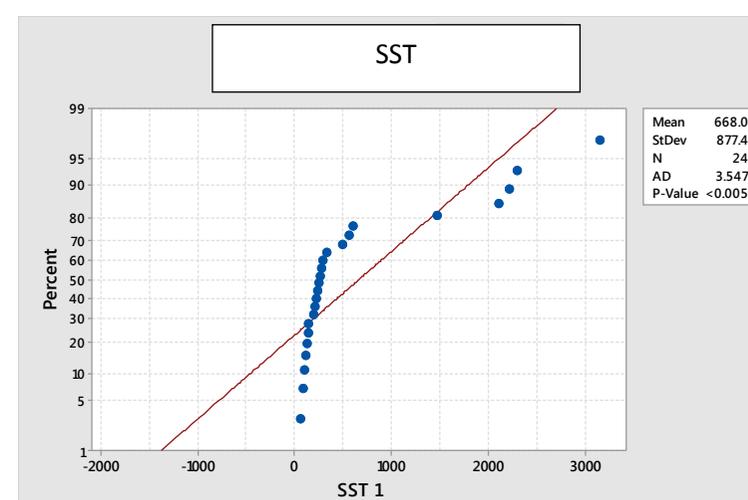
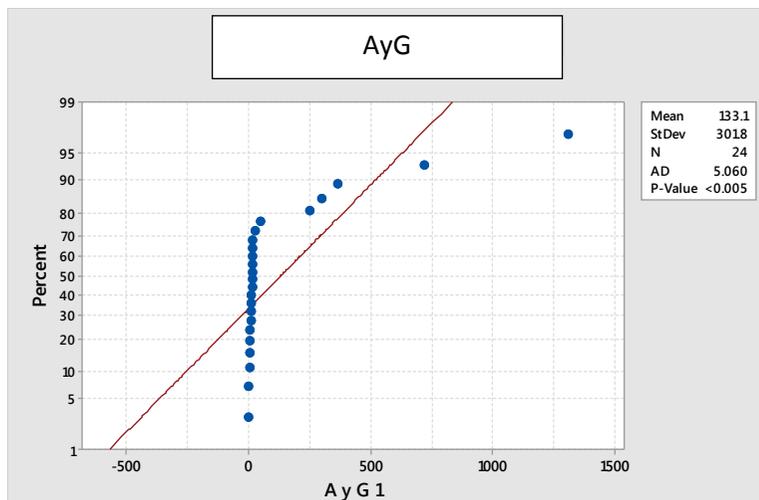
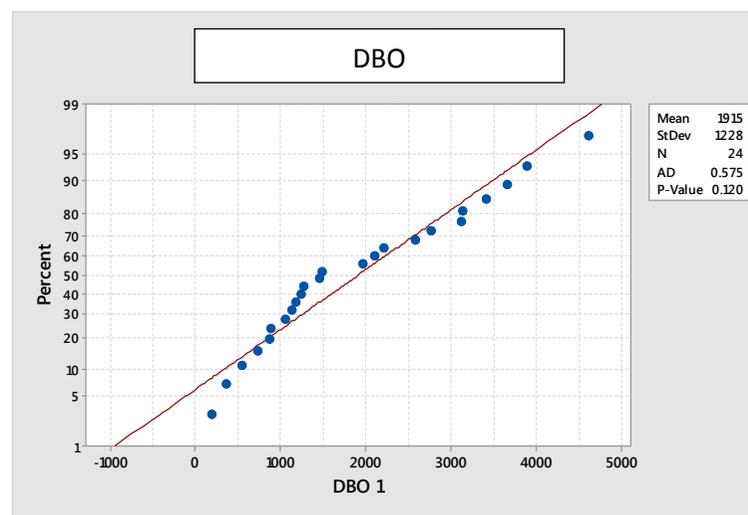
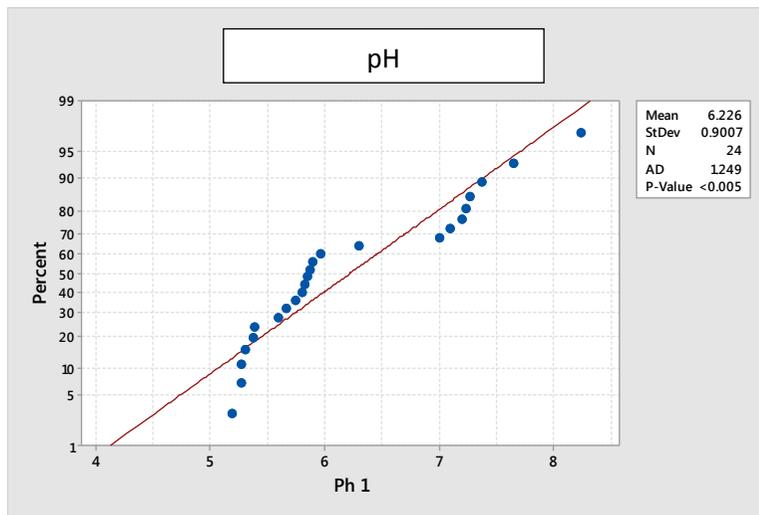


Figura 6. Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “Jaerock”

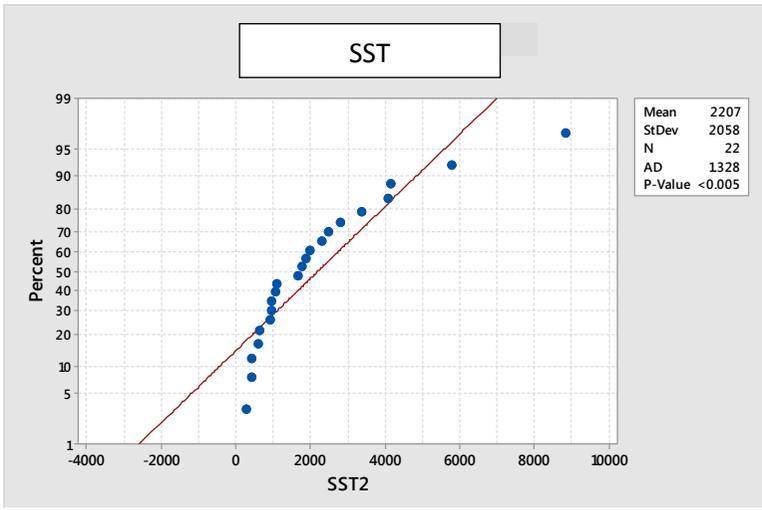
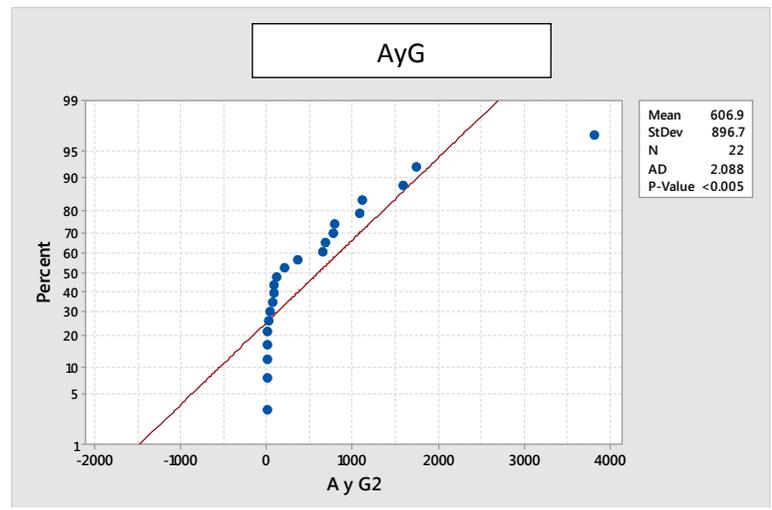
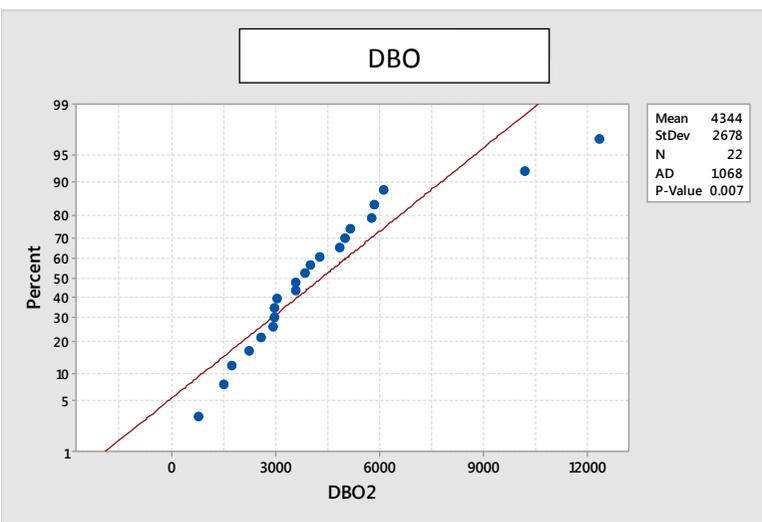
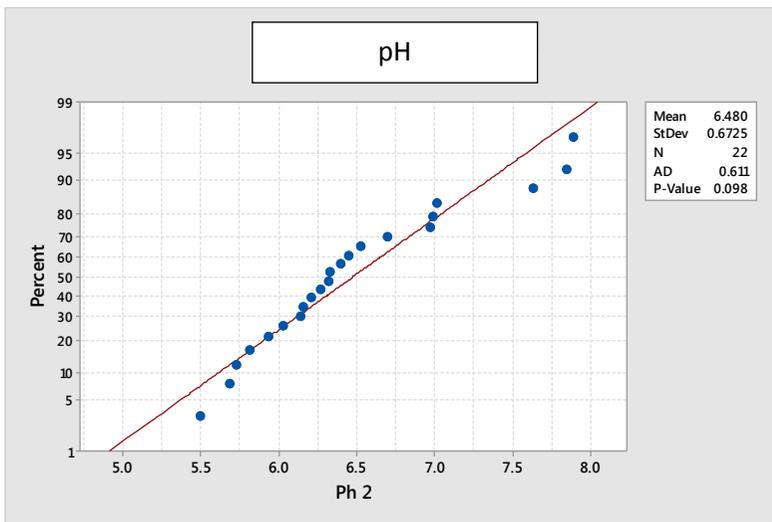


Figura 7. Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “Pedro”

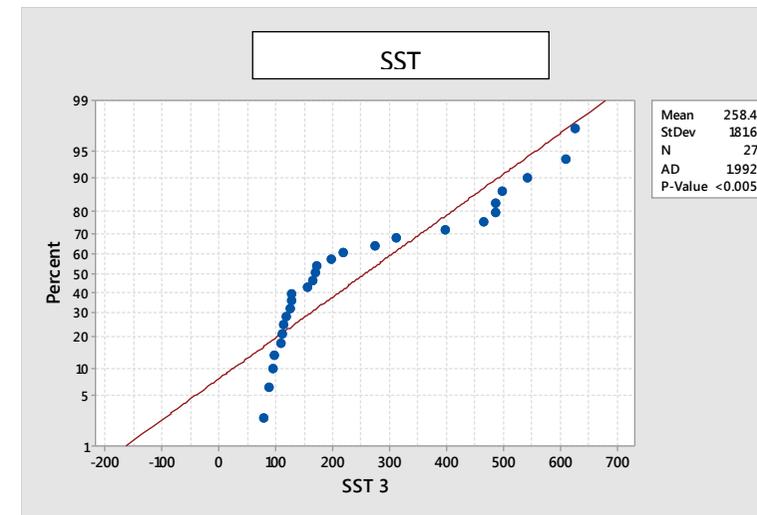
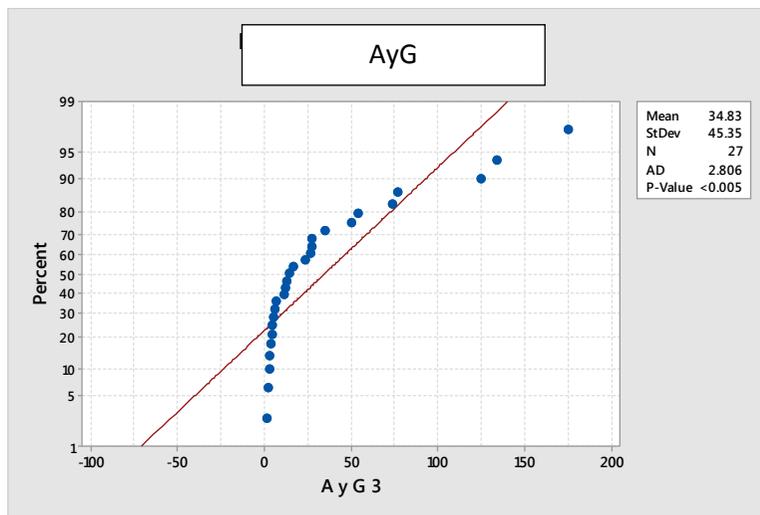
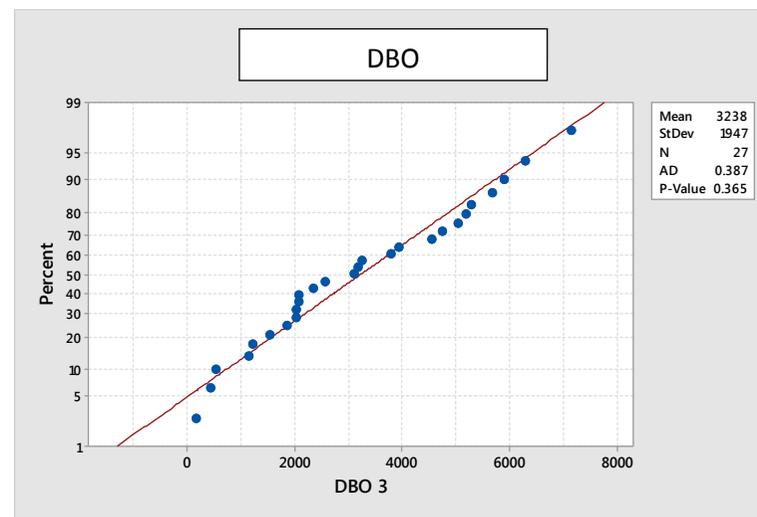
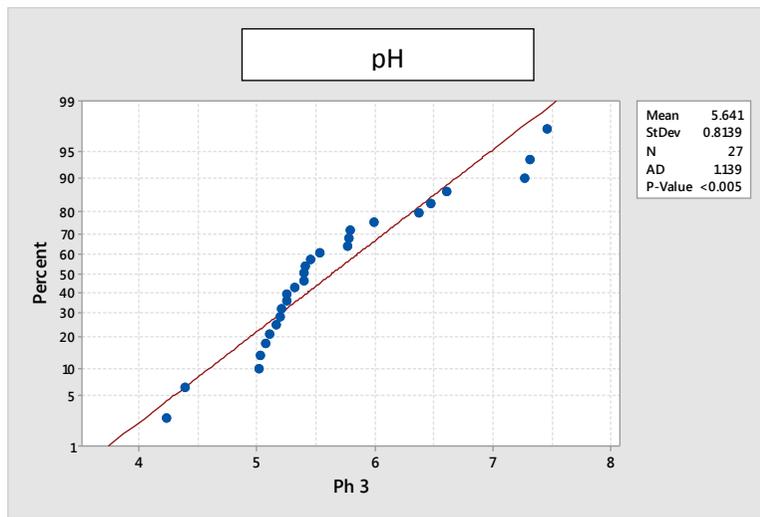


Figura 8. Normalidad de los datos de parámetros de pH, DBO, AyG y SST del EIP “Jesús”

### 4.3. Análisis del datos de los monitores de efluentes por Box Plot

En la Figura 9 se aprecia el Diagrama Blox Plot para los datos de pH de los EIP de la Bahía del Callao en el periodo 2012-2016, en el cual se observa respecto al EIP María que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir manteniéndose en el rango de lo establecido en el LMP para efluentes, la mayor variabilidad de los datos se ve para el 2012 mientras que para el 2014 esta fue menor, no se aprecia outliers (valores atípicos) para ningún año. Respecto a EIP Jaerock se observa que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir manteniéndose en el rango de lo establecido en el LMP para efluentes, la mayor variabilidad de los datos se presentó en el año 2013 mientras que la variabilidad disminuye hacia el 2016, esto podría ser debido a una mejora constante en su sistema de tratamiento, no se aprecia outliers para ningún año. Respecto a EIP Pedro se observa que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a mantenerse en un rango estable excepto el año 2016, no existe outliers para ningún año. Respecto a EIP Jesús se observa que al transcurrir de los años la mediana no tiene una tendencia constante manteniéndose en el rango de lo establecido en el LMP para efluentes, la mayor variabilidad de los datos se presenta en el año 2014.

En la Figura 10 se aprecia el Diagrama Blox Plot de los datos de DBO de los EIP de la Bahía del Callao en el periodo 2012-2016, en el cual se puede observar respecto al EIP María que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir, la mayor variabilidad de los datos se presenta en los años 2012 y 2013 con una tendencia a disminuir en el 2015 debido probablemente a las medidas de tratamiento para los parámetros AyG y SST, no se aprecia outliers para ningún año. Respecto a EIP Jaerock se observa que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a ser constante, la variabilidad de los datos tiende a disminuir en relación a los otros EIP, se aprecia outliers para los años 2012, 2013 y 2015 es decir que hay datos de monitoreo atípicos del resto de datos, eso tal vez porque hubo un mal manejo del sistema de tratamiento, materia prima que ingreso con baja calidad, entre otros. Respecto a EIP Pedro se observa que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir en los dos últimos años, la mayor variabilidad de los datos se presentó en el año 2014, mientras que para el resto de años existe poca variabilidad, excepto en el año 2016, el cual, no presento variabilidad por existir un solo monitoreo, no se presentaron outliers para ningún año. Respecto al EIP Jesús se observa

que al transcurrir de los años la mediana no presenta una tendencia constante, la mayor variabilidad de los datos se presentó en el año 2013, en general presenta variabilidad pero con concentraciones menores, respecto a los otros EIP.

En la Figura 11 se aprecia el Diagrama Blox Plot de los datos de AyG de los EIP de la Bahía del Callao en el periodo 2012-2016, en el cual se observa respecto a EIP María que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir, la mayor variabilidad de los datos se presenta en los años 2012-2013 y disminuye hacia el 2016, no se aprecia outliers para ningún año. Respecto a EIP Jaerock se observa que al transcurrir los años la mediana tiene una tendencia a disminuir considerablemente, la mayor variabilidad de los datos se presenta en el año 2012 mientras que para los otros años es mucho menor y constante. Respecto a EIP Pedro se observa, en general, que la mediana tiene una tendencia a disminuir, excepto en el año 2014, debido probablemente a una deficiencia en el sistema de tratamiento o una baja calidad de materia prima, la mayor variabilidad de los datos se presenta para el mismo año 2014, en el año 2016 mientras no presenta variabilidad por tener un solo monitoreo en estudio, no se existe outliers outsiders para ningún año. Respecto a EIP Jesús se observa que en el transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir y mantenerse constante, la mayor variabilidad de los datos se ve que fue para el 2013 no se existe outliers para ningún año.

En la Figura 12 se aprecia el Diagrama Blox Plot de los datos de SST de los EIP de la Bahía del Callao en el periodo 2012-2016, en el cual se puede observar respecto al EIP María que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir, la mayor variabilidad de los datos se presente en los años 2012 y 2013, mientras que disminuye al 2016, no se aprecia outsiders para ningún año. Respecto a EIP Jaerock se observa que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a disminuir, la mayor variabilidad de los datos se presenta en el año 2012 mientras que para los otros años es mucho menor y constantes, sin embargo, en el año 2015 se presentó un dato atípico, el cual puede deberse a una deficiencia en el sistema de tratamiento o materia prima no fresca. Respecto al EIP Pedro se observa que al transcurrir de los años la mediana tiende, en general, a disminuir, excepto el año 2014, en el cual se presentó la mayor variabilidad, la presencia de outliers para el 2015, así como, la alta variabilidad y mediana en el 2014 puede deberse a una

deficiencia en el sistema de tratamiento o materia prima no fresca, en el año 2016 esta no tuvo variabilidad pues solo existe un monitoreo. Respecto a EIP Jesús se observa que al transcurrir de los años la mediana tiene una tendencia a aumentar, la mayor variabilidad de los datos se presenta en el 2015, manteniéndose dentro de lo establecido en los LMP, no existe outliers para ningún año; respecto a este EIP, la tendencia a aumentar puede deberse a los gastos generados en el sistema de tratamiento, dado que, a pesar de que la mediana aumenta, las concentraciones están dentro de lo establecido en los LMP.

En relación a las Figuras 11 y 12, se puede deducir que la tendencia a disminuir para la mediana y la variabilidad, está relacionada al establecimiento de los LMP, y a la consiguiente mejora en el proceso (mejora en el sistema de trasvase, materia prima fresca, entre otros) y en el sistema de tratamiento de los efluentes, asimismo, debido a la mejora de la eficiencia del sistema, relacionado a la recuperación de sólidos que reingresan al proceso, así como, la obtención AyG usado como un subproducto que genera altos ingresos económicos.

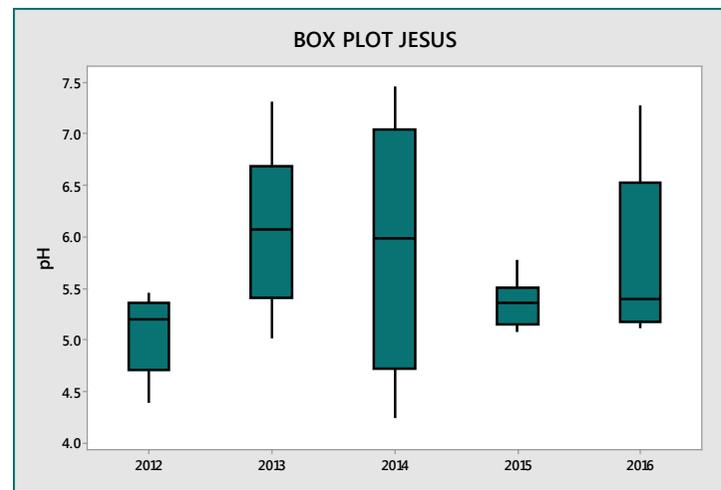
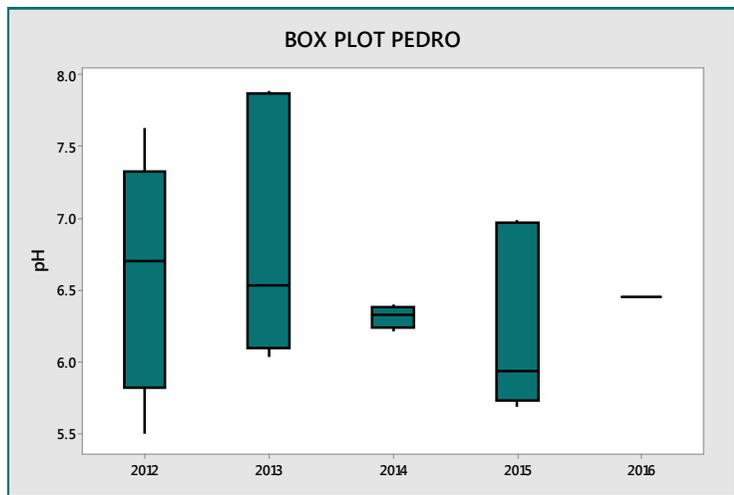
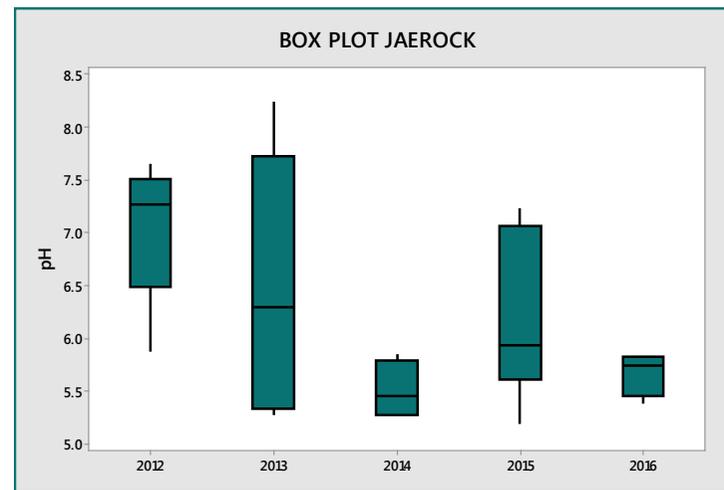
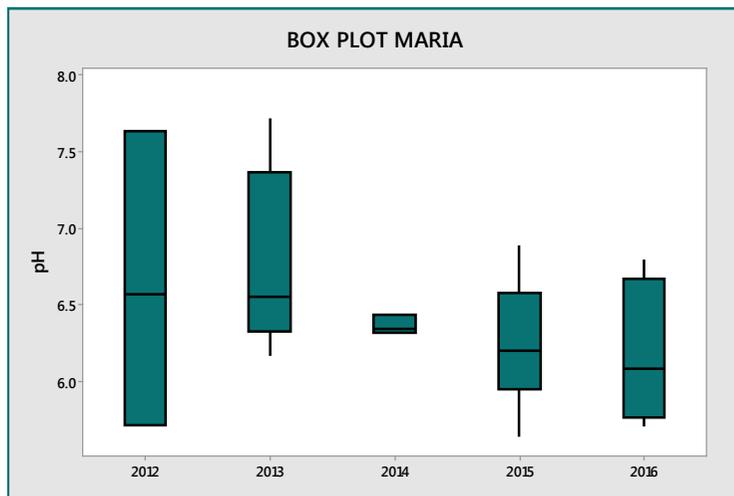


Figura 9. Diagrama Box Plot para el parámetro pH para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016

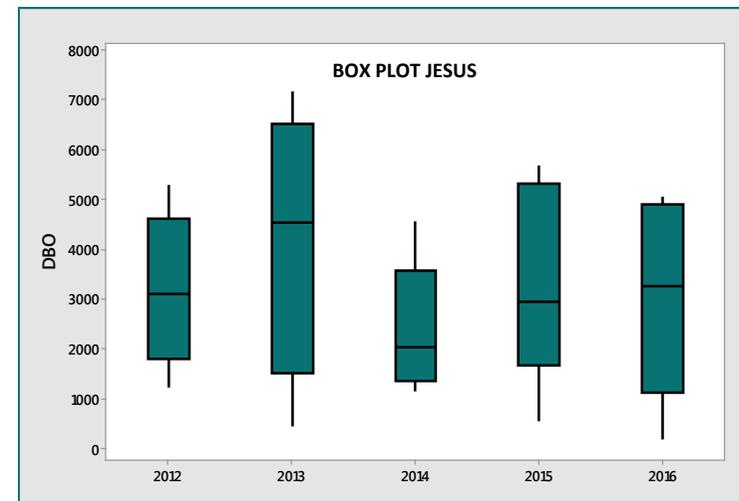
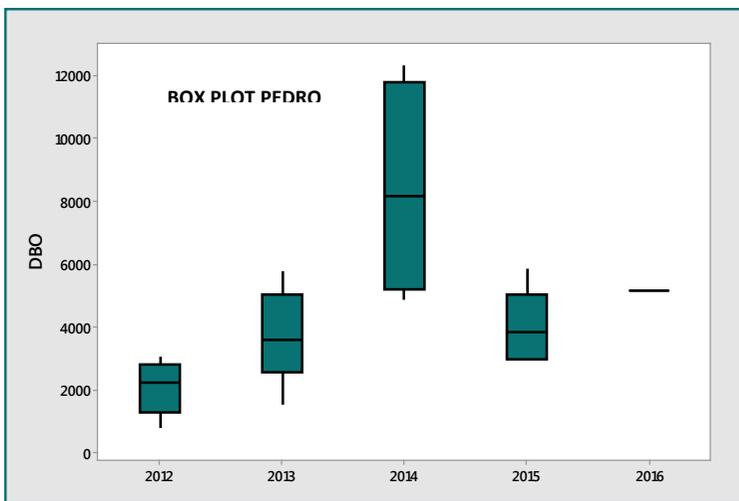
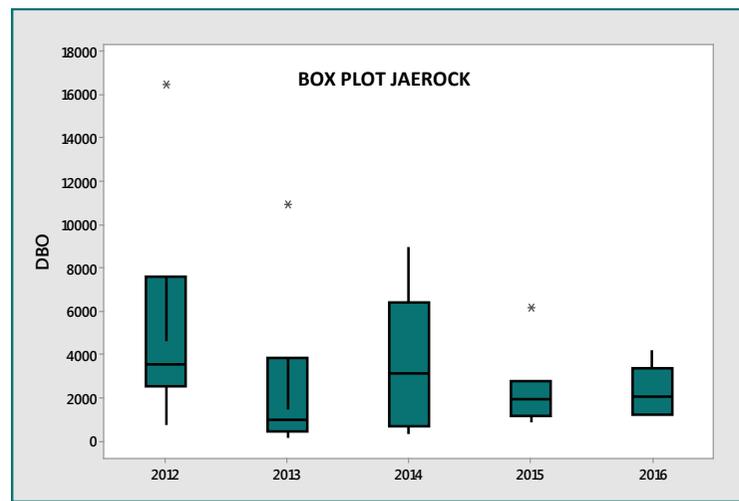
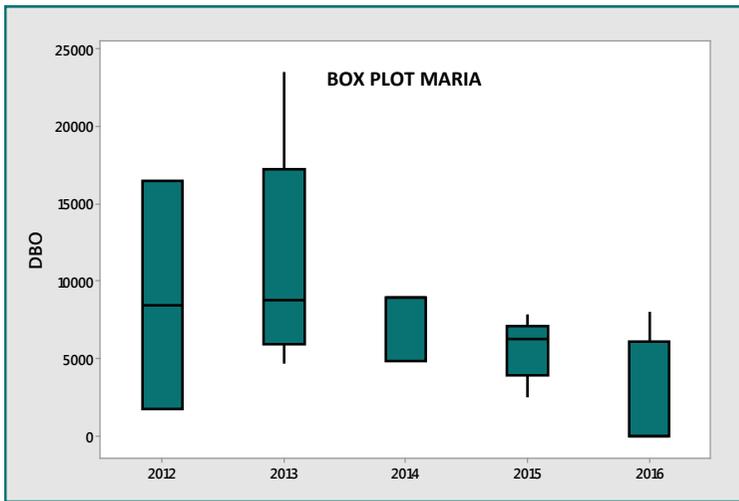


Figura 10. Diagrama Box Plot para el parámetro DBO para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016

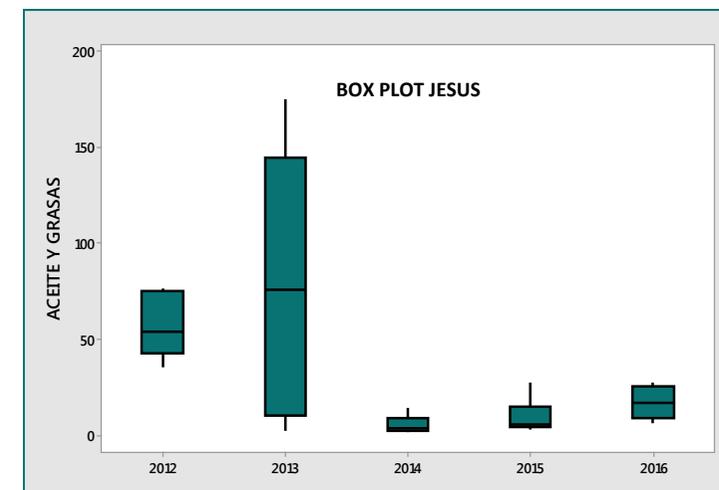
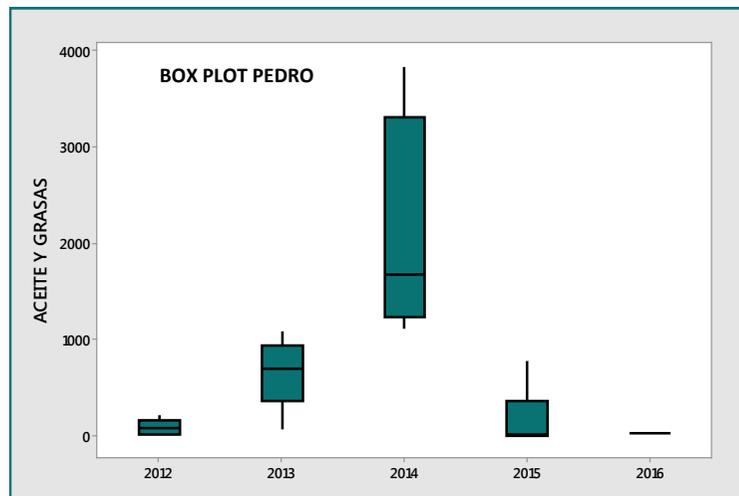
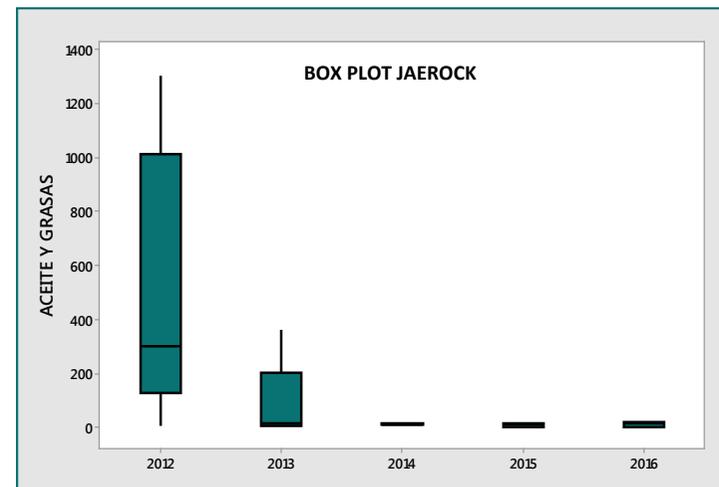
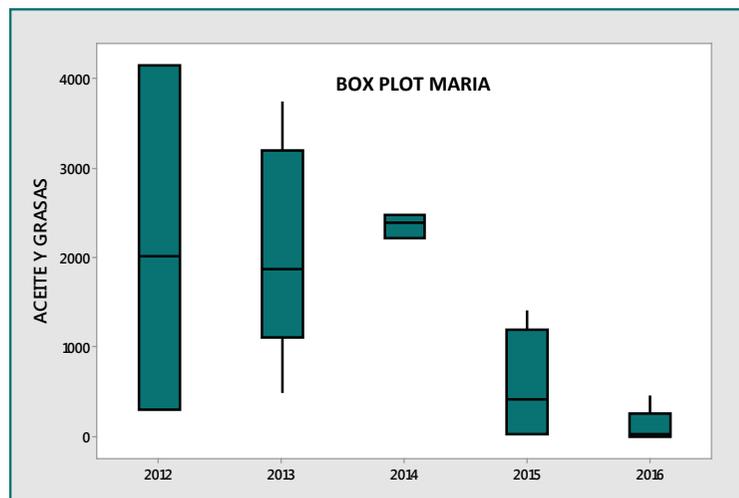


Figura 11. Diagrama Box Plot para el parámetro AyG para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016

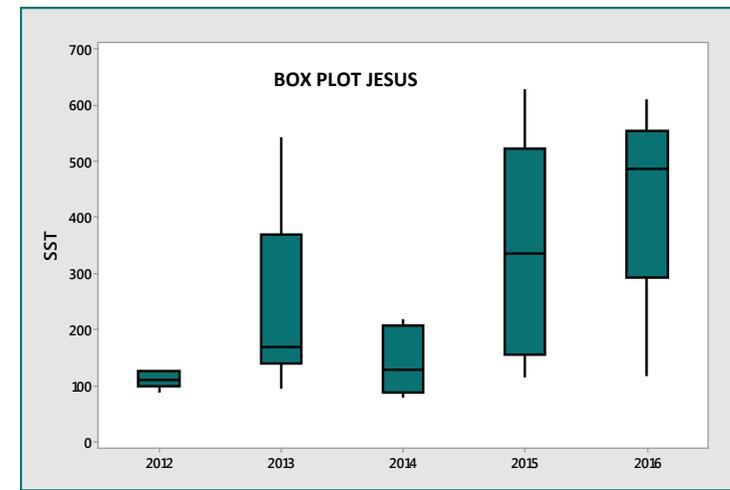
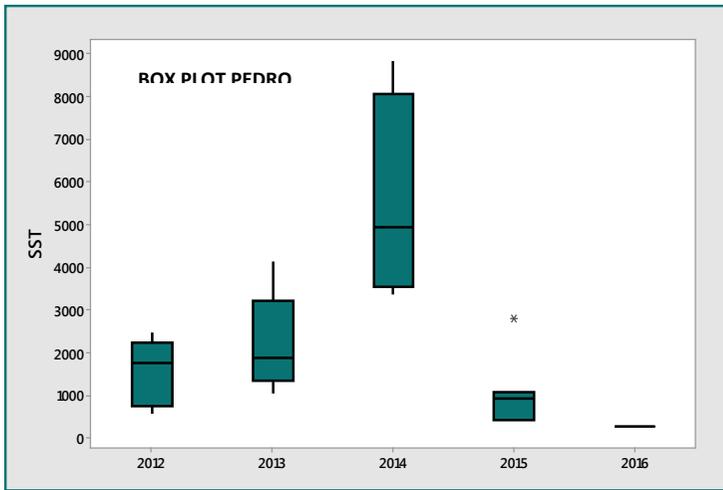
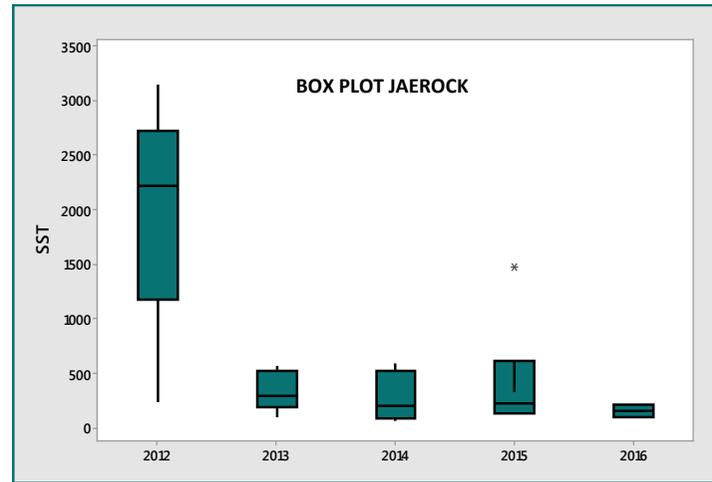
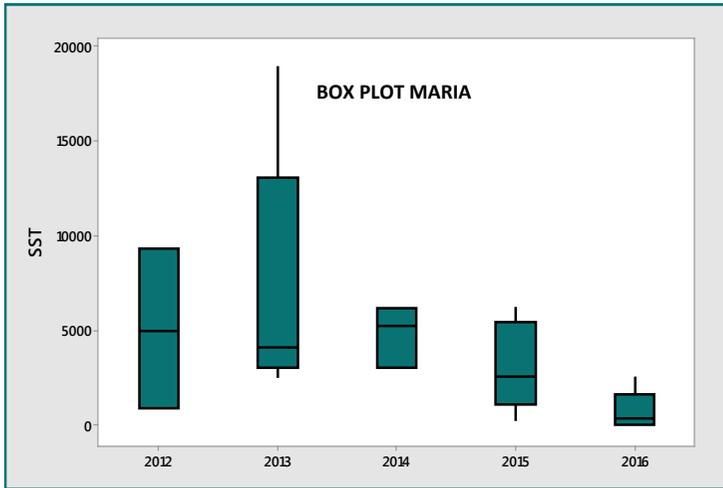


Figura 12. Diagrama Box Plot para el parámetro SST para los EIP de la Bahía del Callao, periodo 2012-2016

#### 4.4 Cumplimiento de los LMP de los monitoreos de efluentes por EIP

##### EIP “María”

Para el parámetro pH del EIP “María” se observa que en todos los monitores, periodo 2012 - 2016, se cumple con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE (LMP pH=5-9), ver Figura 13.

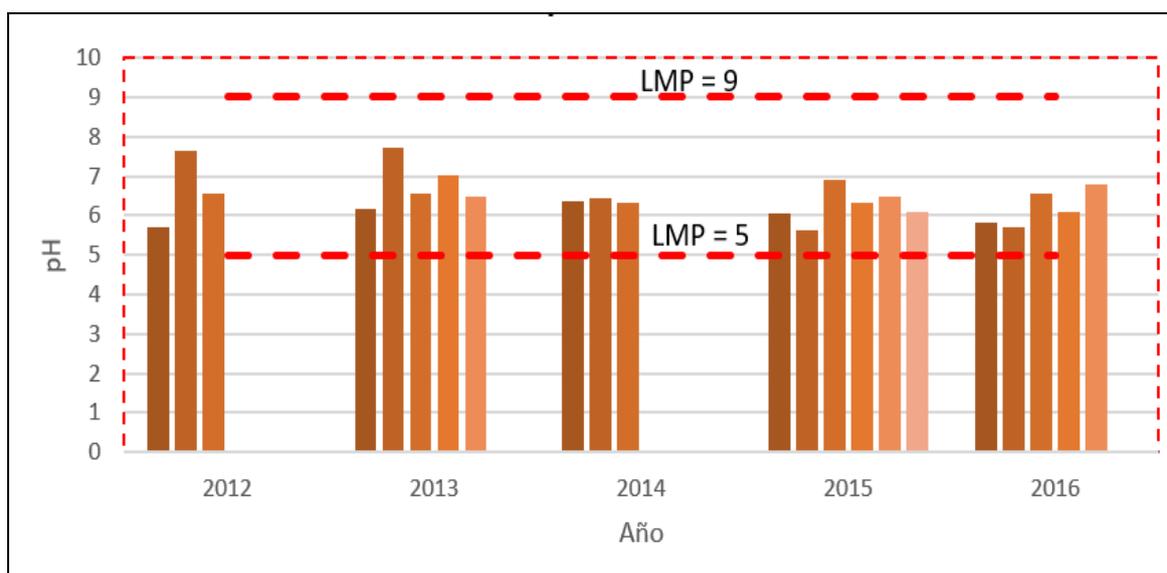


Figura 13. Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “María”

Para el parámetro DBO del EIP “María” se observa que solo el 14% de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP referencial del país de Ecuador (LMP DBO=400 mg/L). Se precisa que el cumplimiento corresponde al año 2016, el comportamiento de estos valores, podría deberse a una cantidad baja de materia prima procesada, asimismo, a partir del 2013 empieza a funcionar su sistema de tratamiento de efluentes, el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador, tanque de neutralización, y un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), según Plan de Manejo Ambiental, ver Figura 14.

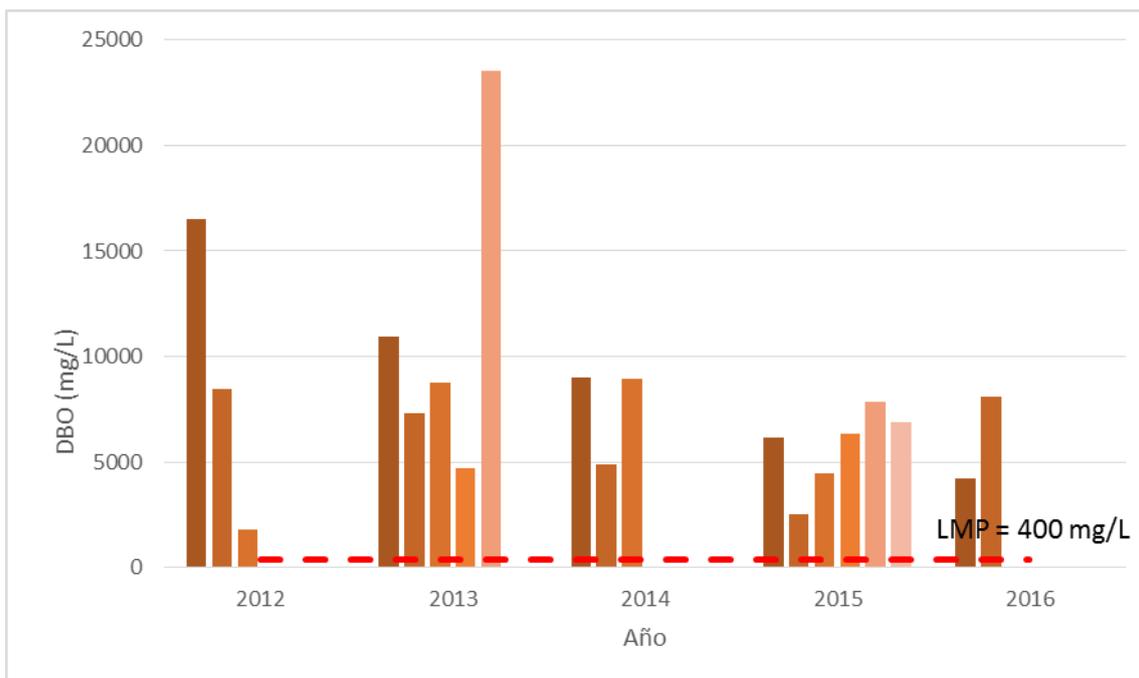


Figura 14. Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “María”

Para el parámetro AyG del EIP “María” se observa que el 31.8 % de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP AyG = 350 mg/L). Se precisa que el cumplimiento corresponde principalmente a los años 2015 y 2016, el comportamiento de estos valores, se debe a la implementación de su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, además tiene un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), según Plan de Manejo Ambiental, asimismo, a la recuperación de Aceites y Grasas, el cual, tiene un alto valor comercial, o a una cantidad baja de materia prima procesada, ver Figura 15.

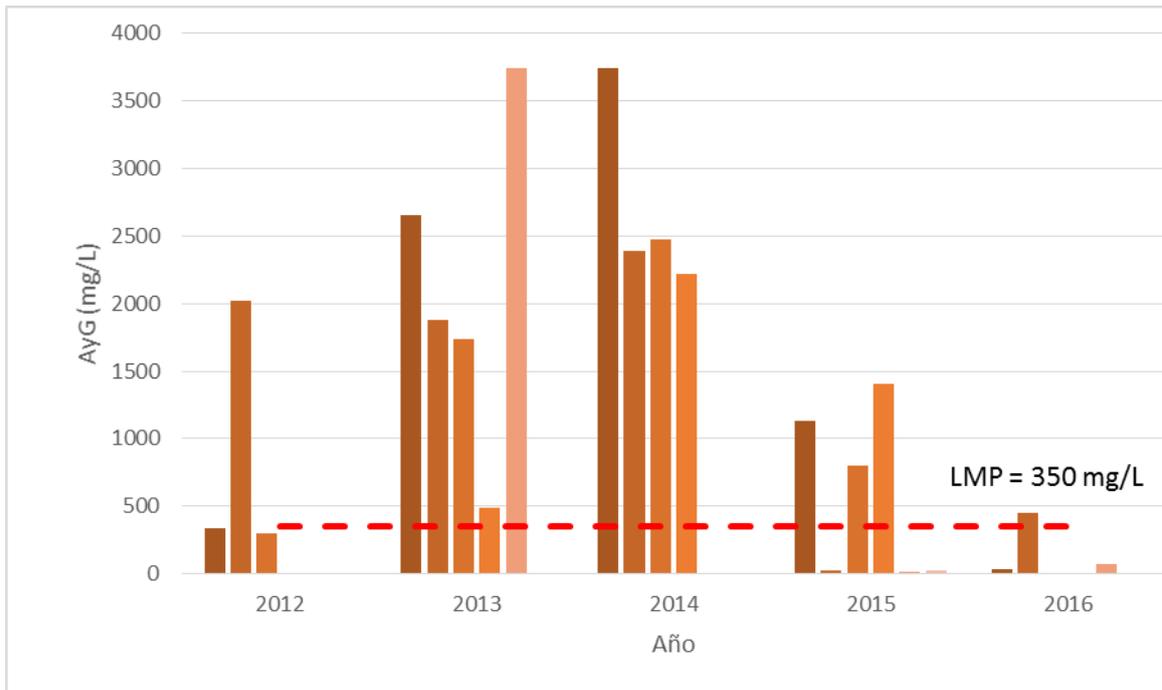


Figura 15. Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “María”

Para el parámetro SST del “EIP María” se observa que el 18.2 % de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP SST = 700 mg/L). Se precisa que el cumplimiento corresponde principalmente al año del 2016, el comportamiento de estos valores, se debe una mejora sustancial en el proceso y a su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, y un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), según Plan de Manejo Ambiental, a la recuperación de solidos que vuelven a ser utilizados en la línea de proceso como materia prima, materia prima de buena calidad, un mejor sistema de trasvase o a una cantidad baja de materia prima procesada, ver Figura 16.

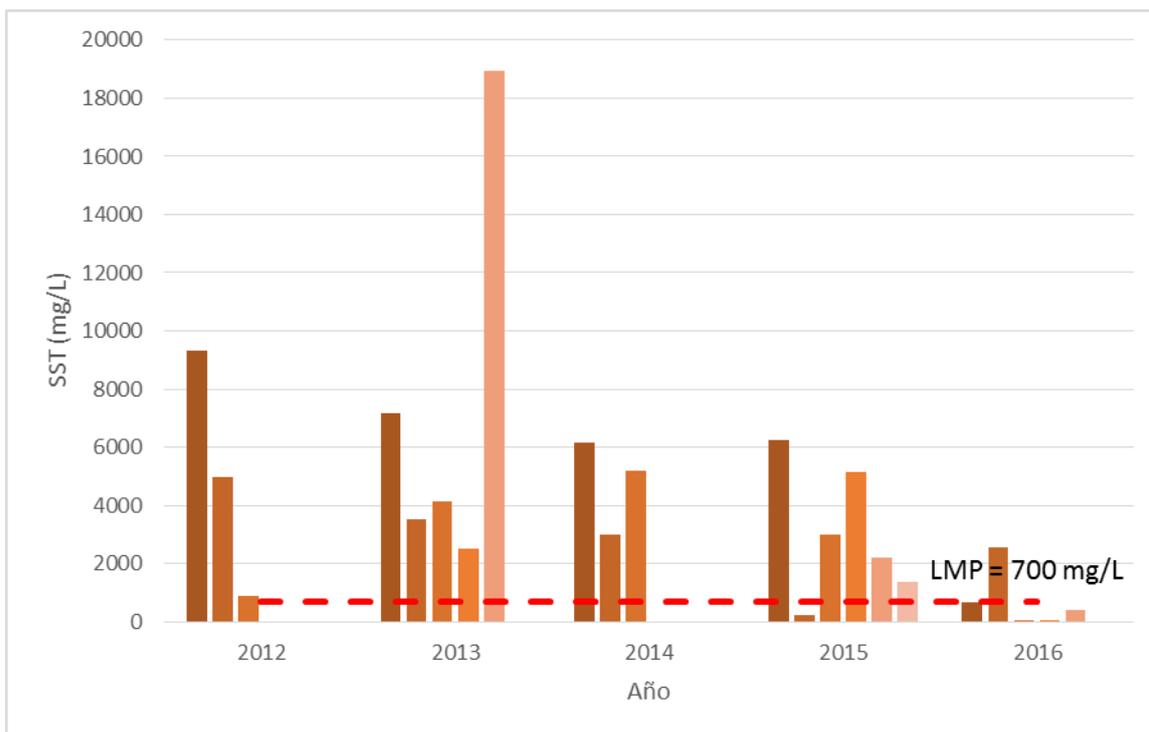


Figura 16. Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “María”

Del análisis de las figuras 13, 14, 15 y 16, se evidencia que la calidad de los efluentes generados en el “EIP María” ha mejorado en el año 2016, debido a una cantidad baja de materia prima procesada o, posibles mejoras en los componentes de proceso y/o en el sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, y un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), según Plan de Manejo Ambiental.

### **EIP “Jaerock”**

Para el parámetro pH del EIP “Jaerock” se observa que en todos los monitoreos, periodo 2012-2016, se cumple con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE (LMP pH=5-9), ver figura 17.

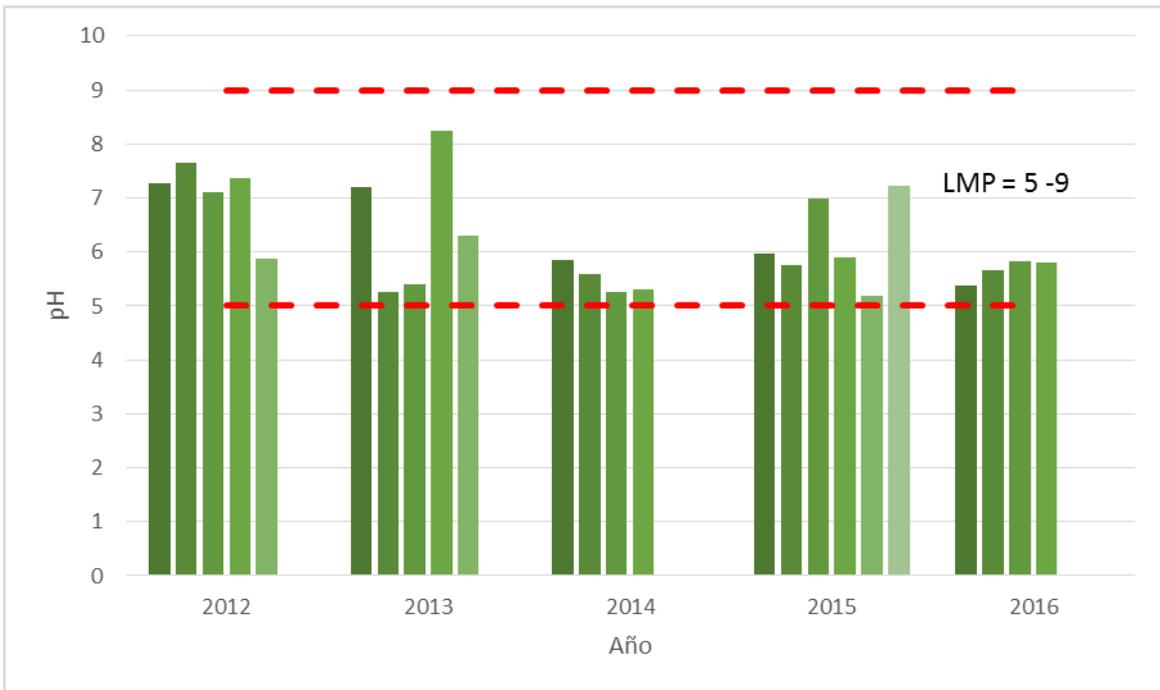


Figura 17. Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”

Para el parámetro DBO del EIP “Jaerock” se observa que el 5.3 % de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP referencial del país de Ecuador (LMP DBO=400 mg/L). Se precisa que el cumplimiento corresponde al año 2013 y 2014, el comportamiento de estos valores, podría deberse a una cantidad baja de materia prima procesada, asimismo, a partir del 2013 implementa su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, además de tener su tratamiento bioquímico, según Plan de Manejo Ambiental, ver figura 18.

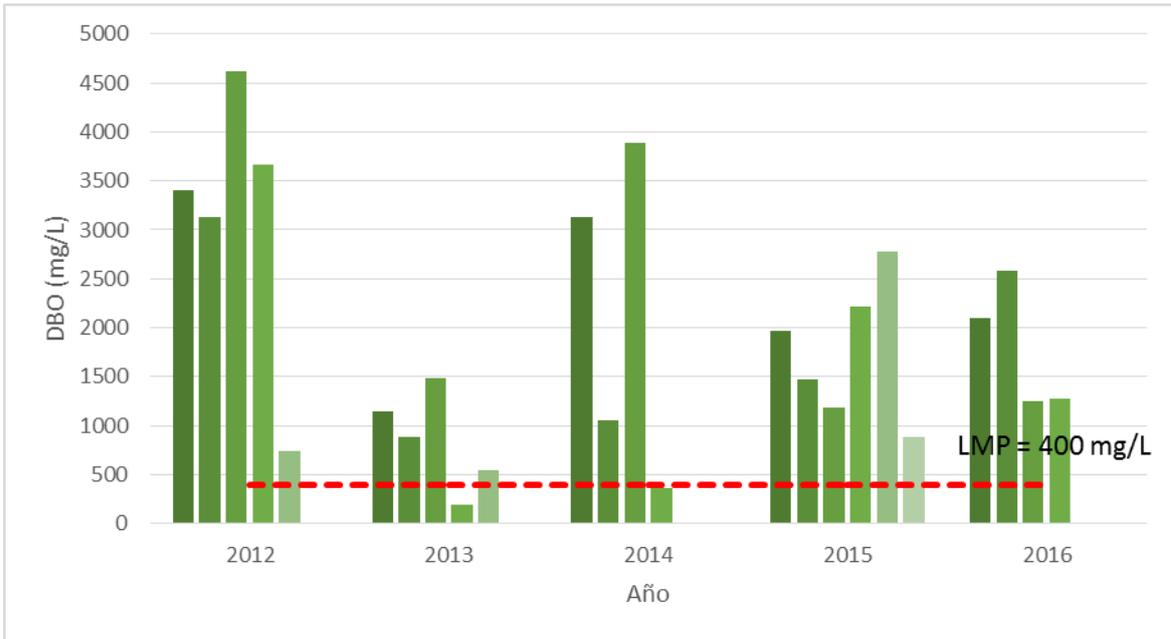


Figura 18. Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”

Para el parámetro AyG del “EIP Jaerock” se observa que el 79.2 % de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP AyG = 350 mg/L). Se precisa que el cumplimiento, en general, se observa en todos los años, debido a que a partir del 2013 su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, además de tener su tratamiento bioquímico, según Plan de Manejo Ambiental, recuperación de Aceites y Grasas, el cual, tiene un alto valor comercial, ver figura 19.

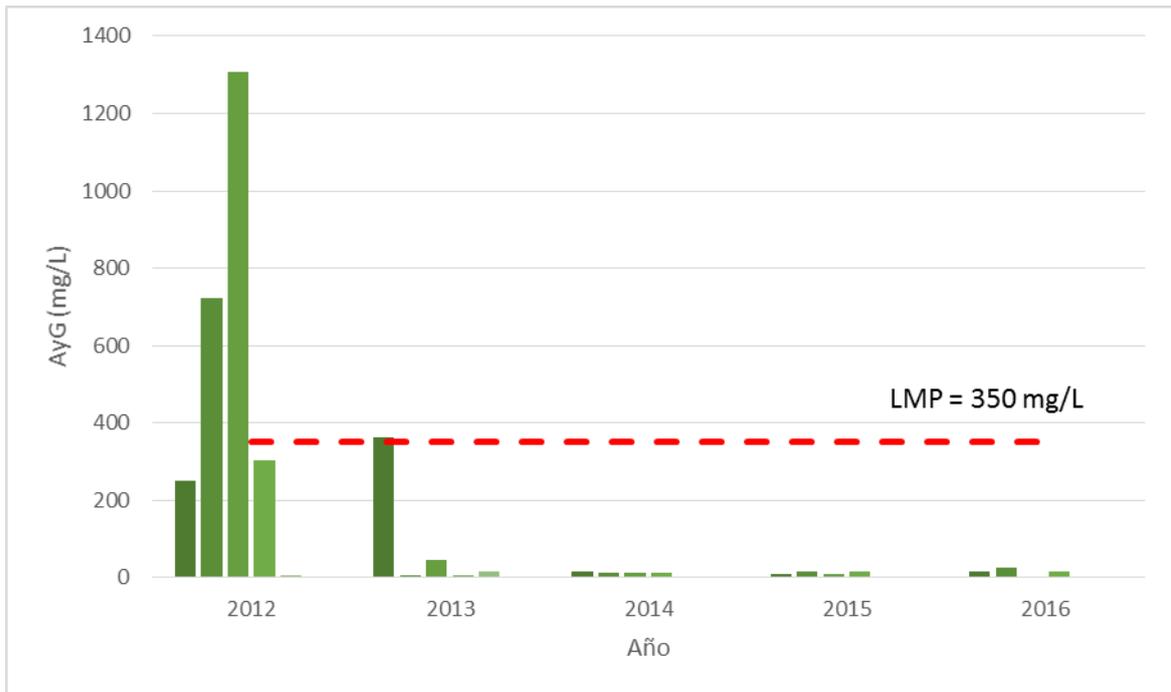


Figura 19. Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”

Para el parámetro SST del “EIP Jaerock” se observa que el 79.2% de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP SST = 700 mg/L). Se precisa que el cumplimiento se da a partir del año 2013, lo cual se debe a una mejora sustancial en el proceso, a partir del 2013 implementa su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, además de tener su tratamiento bioquímico, según Plan de Manejo Ambiental, recuperación sólidos que vuelven a ser utilizados en la línea de proceso como materia prima, ver figura 20.

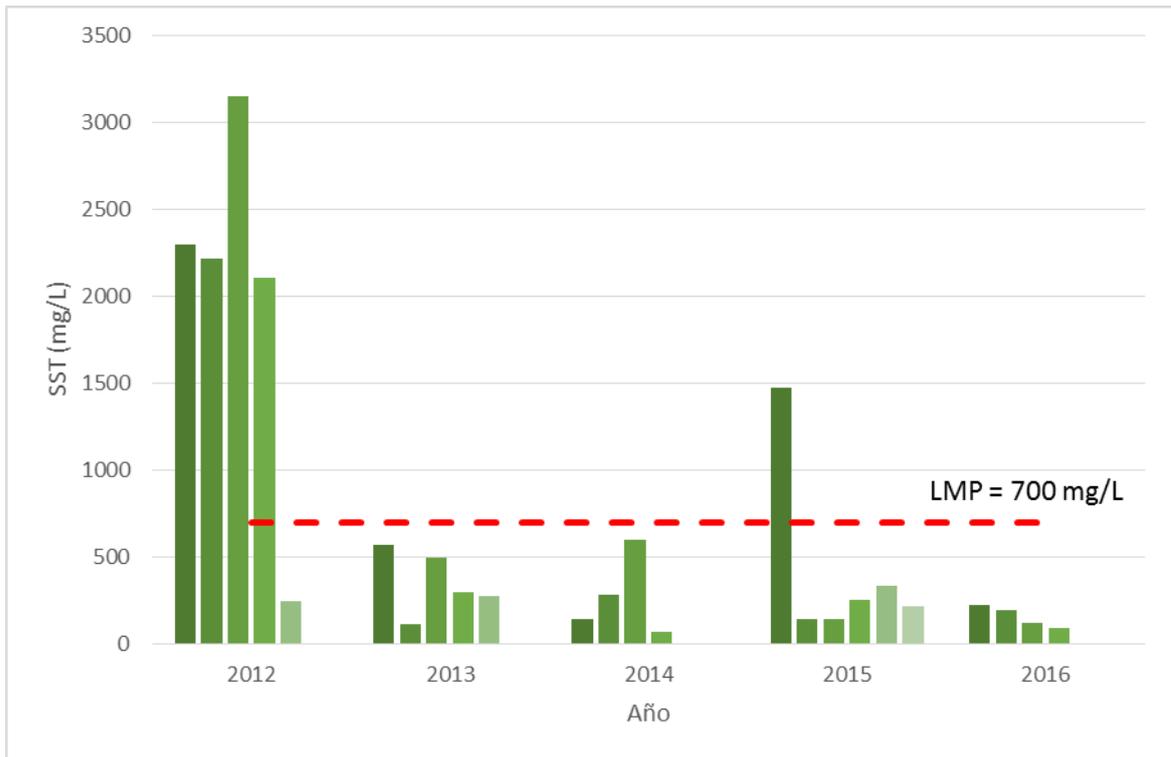


Figura 20. Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “Jaerock”

Del análisis de las figuras 17, 18, 19 y 20, se evidencia que la calidad de los efluentes generados en el “EIP “Jaerock” han mejorado desde el año 2013, por otro lado, respecto a los monitoreos del 25/11/2013 y 22/07/2014, en los cuales, se observa concentraciones muy bajas para los parámetros estudiados, podría deberse a una cantidad baja de materia prima procesada.

### **EIP “Pedro”**

Para el parámetro pH del EIP “Pedro” se observa que en todos los monitoreos, periodo 2012-2016, se cumple con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP pH=5-9), ver figura 21.

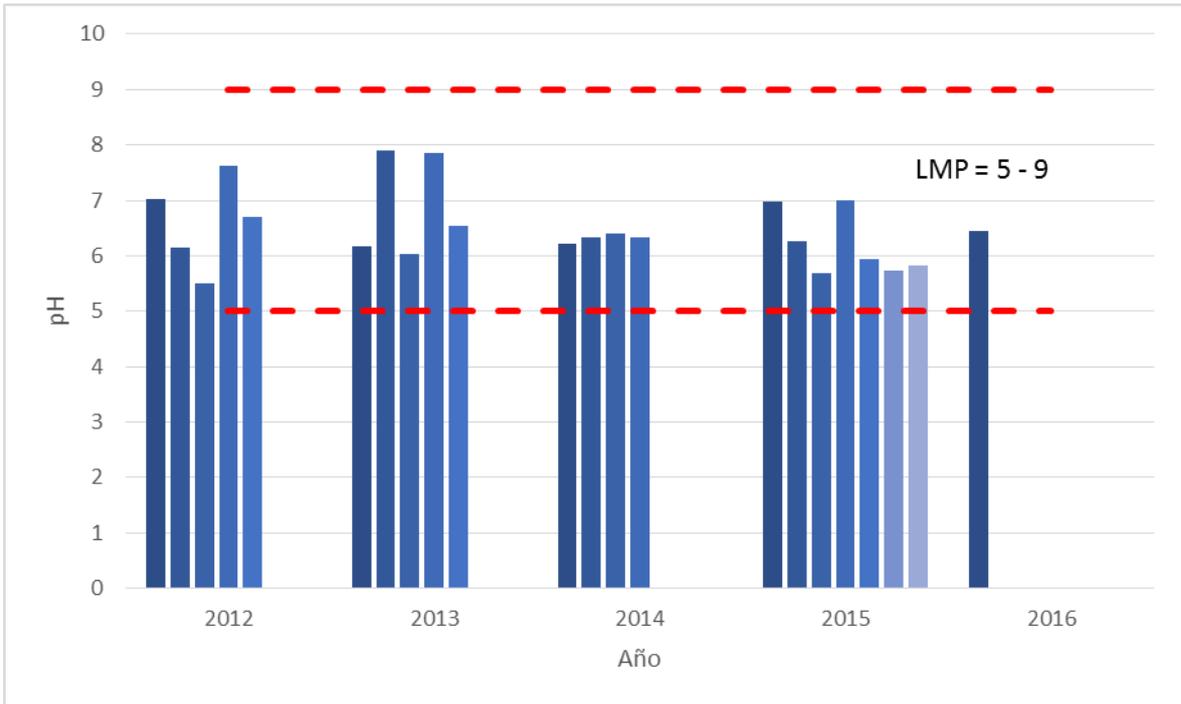


Figura 21. Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”

Para el parámetro DBO del EIP “Pedro” se observa que en ningún monitoreo periodo 2012 - 2016, se cumple con lo establecido en el LMP referencial del país de Ecuador (LMP DBO=400 mg/L) ver figura 22.

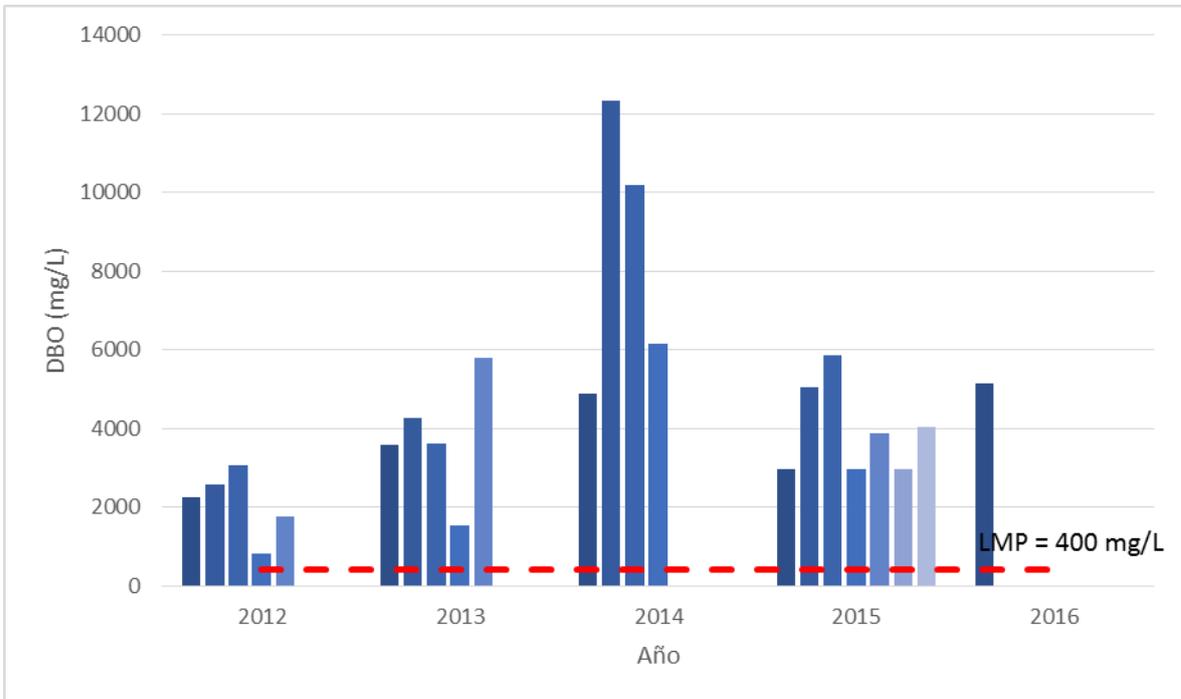


Figura 22. Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”

Para el parámetro AyG del EIP “Pedro” se observa que el 77.3 % de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP AyG = 350 mg/L). Se precisa que el cumplimiento es irregular durante los años estudiados, asimismo, se observa que en los dos últimos años de estudio se presenta un mayor número de cumplimientos, lo cual podría deberse a una mejora sustancial de su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de tamices rotatorios, trampa de grasa, sedimentador, tanque de neutralización, coagulantes y floculantes, además de un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), según Plan de Manejo Ambiental, recuperación de Aceites y Grasas, el cual, tiene un alto valor comercial, ver figura 23.

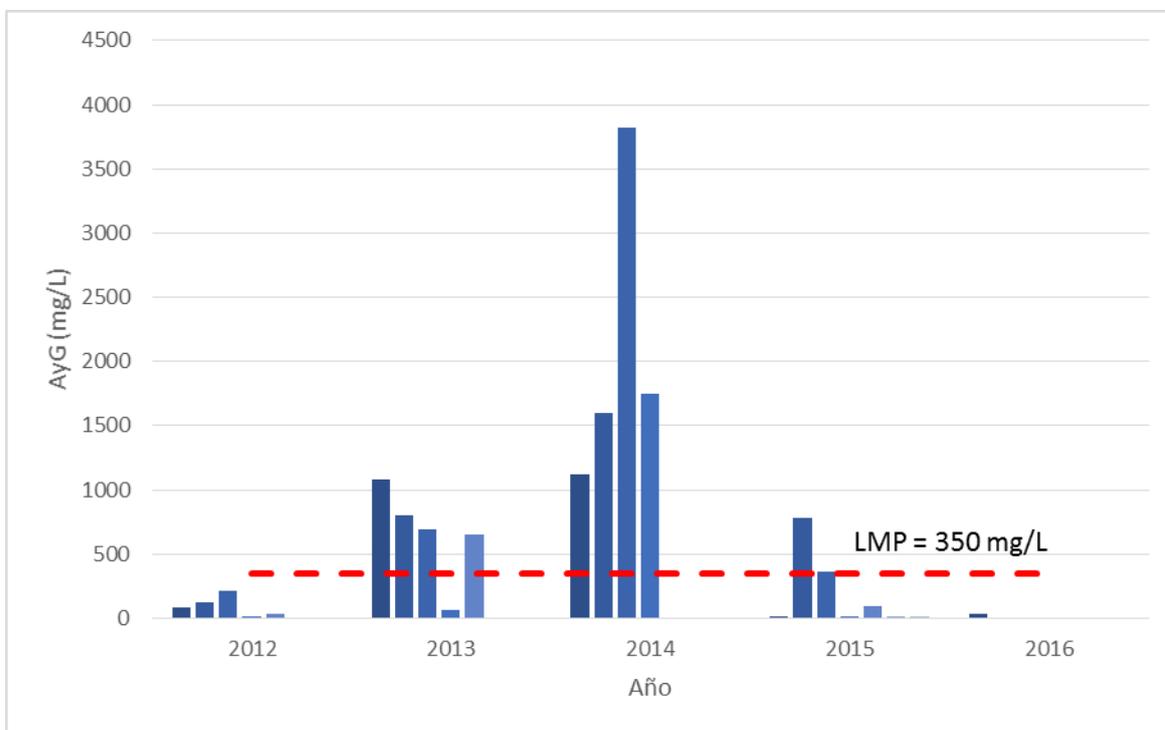


Figura 23. Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”

Para el parámetro SST del “EIP Pedro” se observa que solo el 17% de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP SST = 700 mg/L). Se precisa que el cumplimiento se observa a partir del año 2015, lo cual, podría deberse a una mejora sustancial en el proceso y en el sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de tamices rotatorios, trampa de grasa, sedimentador, tanque de neutralización, coagulantes y floculantes, además de un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF),

según Plan de Manejo Ambiental, recuperación sólidos que vuelven a ser utilizados en la línea de proceso como materia prima, ver figura 24.

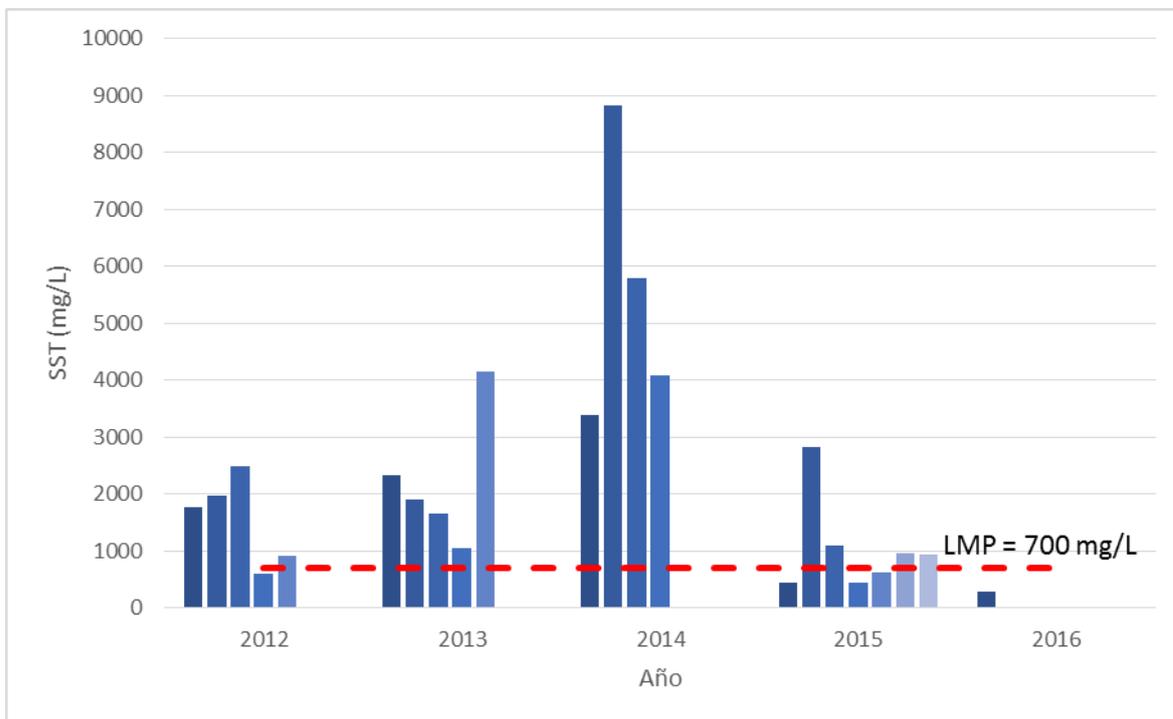


Figura 24. Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “Pedro”

Del análisis de las figuras 21, 22, 23 y 24, se evidencia que la calidad de los efluentes generados en el EIP “Pedro” ha mejorado desde el año 2015, lo cual, puede deberse a una mejora de los componentes de proceso y/o del sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de tamices rotatorios, trampa de grasa, sedimentador, tanque de neutralización, coagulantes y floculantes, además de un sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF), según Plan de Manejo Ambiental.

### **EIP “Jesús”**

Para el parámetro pH del EIP “Jesús” se observa que en todos los monitoreos, periodo 2012-2016, se cumple con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP pH=5-9), ver figura 25.

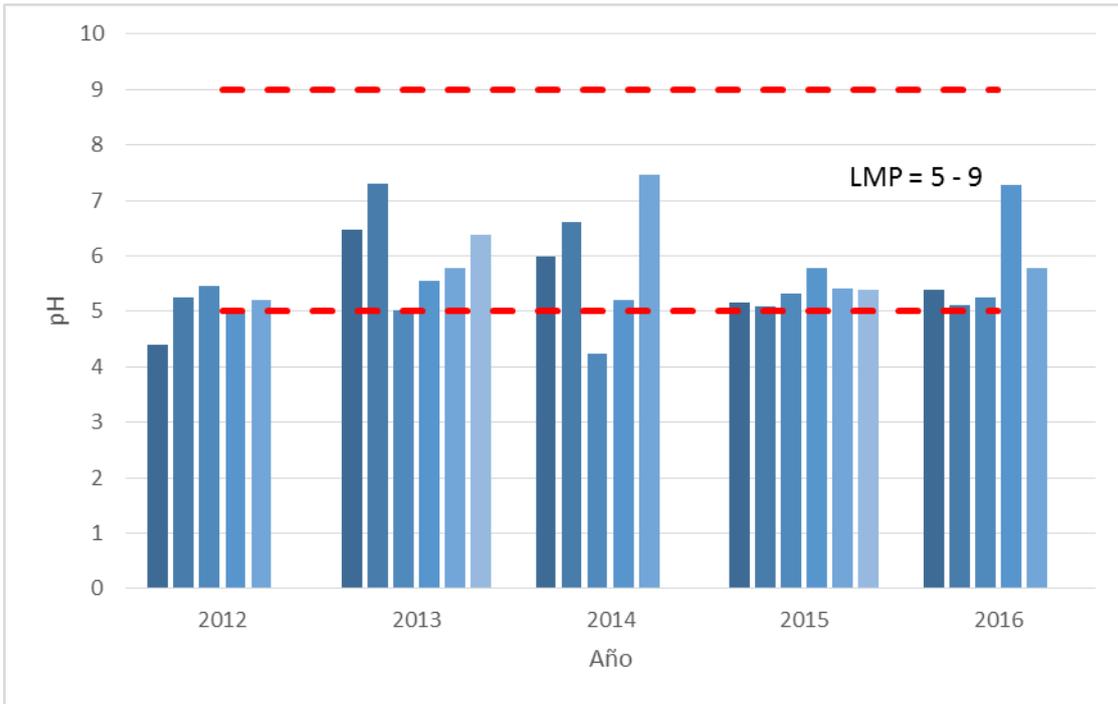


Figura 25. Concentración temporal de pH en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”

Para el parámetro DBO del EIP “Jesús” se observa que el 4% de todos los monitoreos periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP referencial del país de Ecuador (LMP DBO=400 mg/L). Se precisa que el cumplimiento corresponde al año 2016, el comportamiento de estos valores, podría deberse a una cantidad baja de materia prima procesada, ver figura 26.

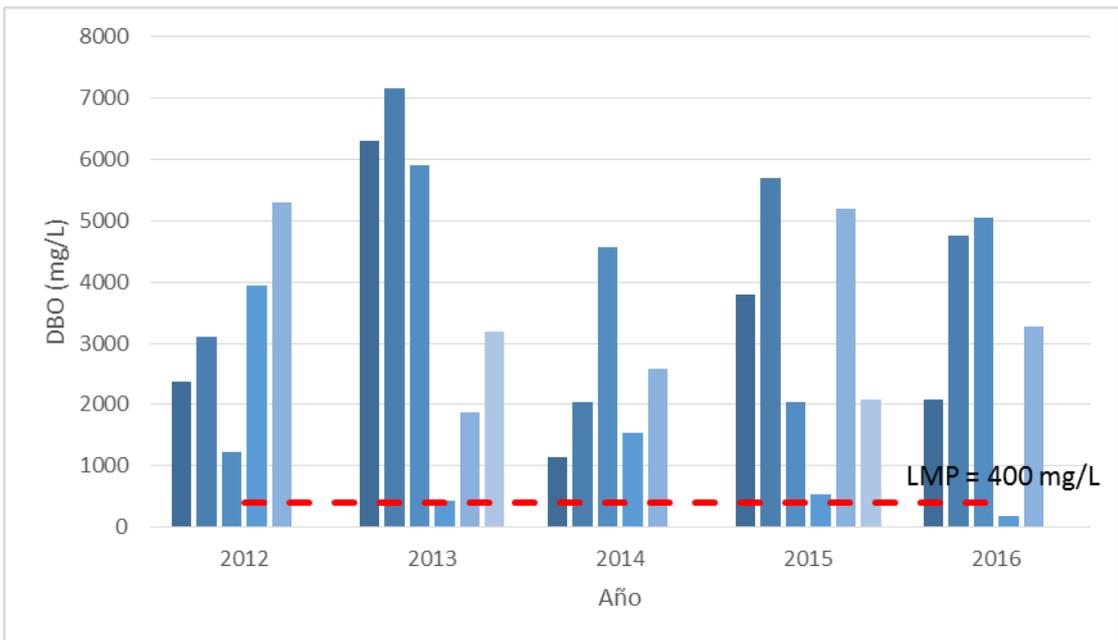


Figura 26. Concentración temporal de DBO en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”

Para el parámetro AyG del EIP “Jesús” se observa que el 100 % de los monitoreos del periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP AyG = 350 mg/L). El comportamiento de estos valores, se debe a la implementación de un sistema de tratamiento de efluentes que consiste en un cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, asimismo en el 2012 implementa bombas ecológicas, según Plan de Manejo Ambiental, a una mayor eficiencia en el proceso para recuperación de Aceites y Grasas, el cual, tiene un alto valor comercial, ver figura 27.

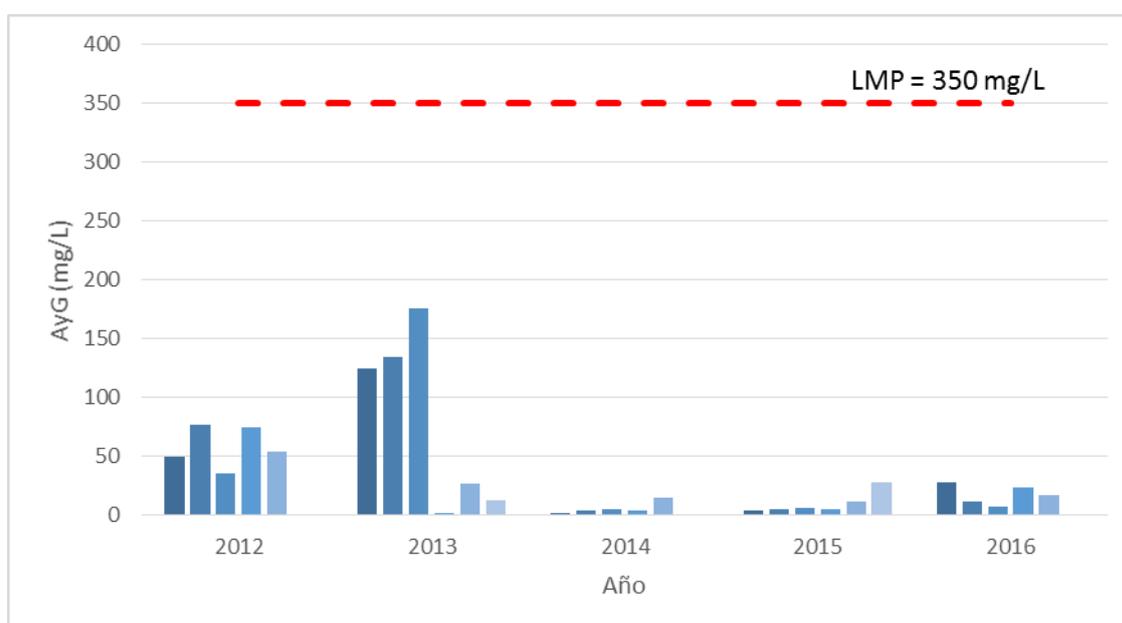


Figura 27. Concentración temporal de AyG en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”

Para el parámetro SST del EIP “Jesús” se observa que el 100 % de los monitoreos en el periodo 2012-2016, cumplen con lo establecido en el LMP aprobado mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE (LMP SST = 700 mg/L). El comportamiento de estos valores, se debe a una mejora sustancial en el proceso y en el sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, asimismo, en el 2012 realiza la instalación de bombas ecológicas, según Plan de Manejo Ambiental, recuperación de sólidos que vuelven a ser utilizados en la línea de proceso como materia prima, ver figura 28.

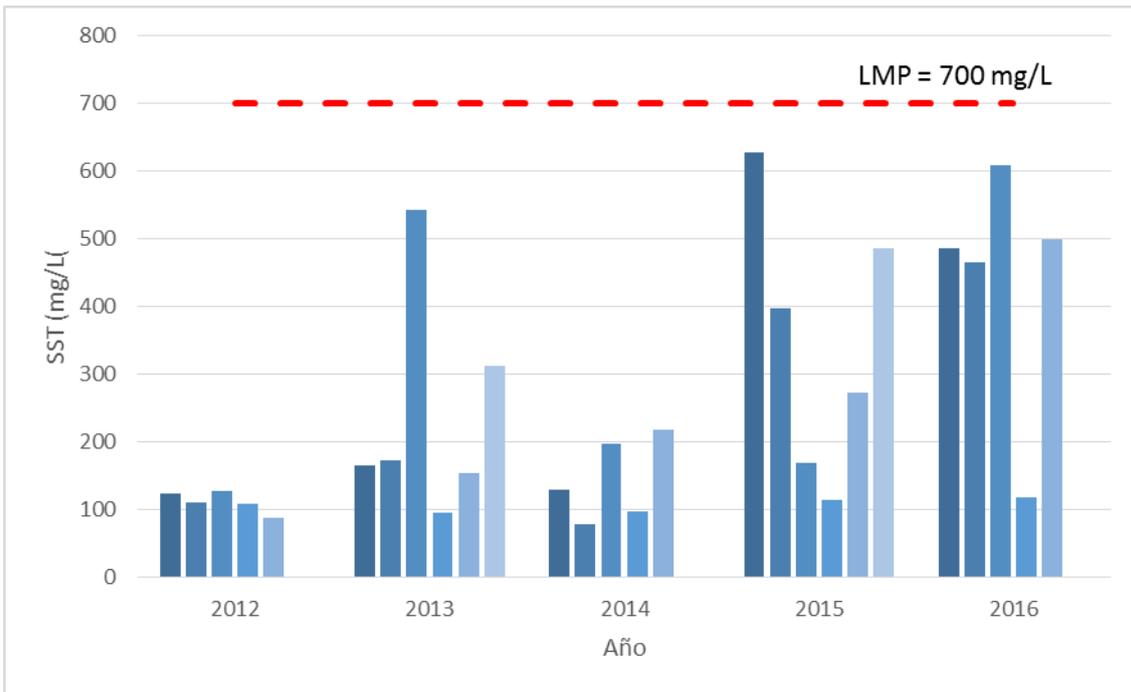


Figura 28. Concentración temporal de SST en el periodo 2012- 2016, EIA “Jesús”

Del análisis de las figuras N° 25, 26, 27 y 28, se evidencia que la calidad de los efluentes generados en el EIP “Jesús” ha cumplido con los LMP de nuestro país, debido a mejoras en los componentes de proceso y mejora en su sistema de tratamiento de efluentes el cual consiste en la utilización de cribado, trampa de grasa, sedimentador y tanque de neutralización, asimismo en el 2012 instala bombas ecológicas, según Plan de Manejo Ambiental.

#### 4.5 Cumplimiento de los LMP de los promedios anuales de los EIP

En las figuras 29, 30, 31 y 32 se aprecia la concentración Promedio Anual de los parámetros pH, DBO, AyG y SST respectivamente, en el periodo 2012- 2016, de los EIP de la Bahía del Callao.

En la figura 29, respecto al parámetro pH se observa promedios anuales que cumplen los LMP en todos los años para todas las empresas.

En la figura 30, respecto al parámetro DBO se observa promedios anuales fluctuantes, los cuales, en general, no cumplen con el LMP referencial del país de Ecuador (LMP

DBO=400 mg/L), solo se presentó un cumplimiento del 5 % para todos los EIP durante el periodo de estudio.

En la figura 31, respecto al parámetro AyG se observa promedios anuales con tendencia al cumplimiento de los LMP establecidos mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE, teniéndose un cumplimiento del 72 % para todos los EIP en el periodo de análisis; se precisa que el EIP Jesús, cumple con los LMP en todos los años evaluados, evidenciándose, un mejor sistema de tratamiento y eficiencia en su proceso.

En la figura 32, respecto al parámetro SST se observa promedios anuales con tendencia al cumplimiento de los LMP establecidos mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE, teniendo un cumplimiento de 54 % para todos los EIP en el periodo de análisis; se precisa que el EIP Jesús cumple con el LMP en todos los años estudiados, el EIP María, es el que menor grado de cumplimiento tiene, sin embargo se observa que ha tenido una tendencia a la disminución de la concentración de SST durante los últimos años. Una alta concentración de sólidos en el efluente es señal de una baja eficiencia del proceso, debido a la pérdida de materia prima para la producción de harina.

Lo descrito en los párrafos anteriores, puede apreciarse de manera concisa en la Figura 33, donde se aprecia las concentraciones promedio anual de pH, DBO, AyG y SST del periodo 2012 - 2016, para todos EIP de la Bahía del Callao.

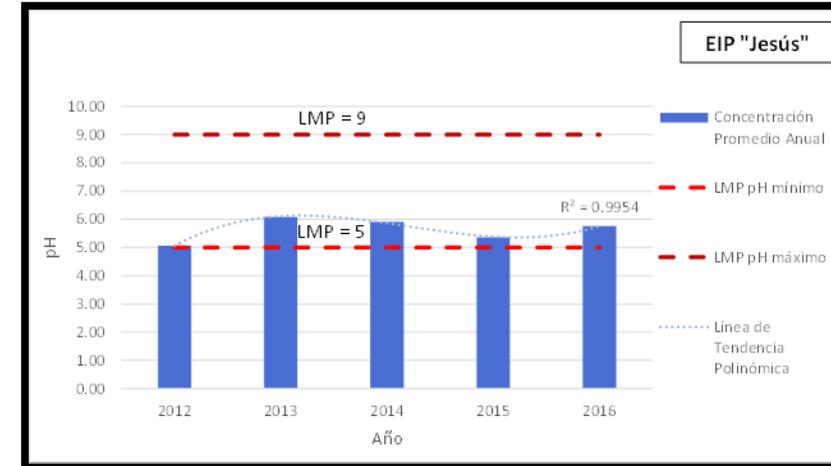
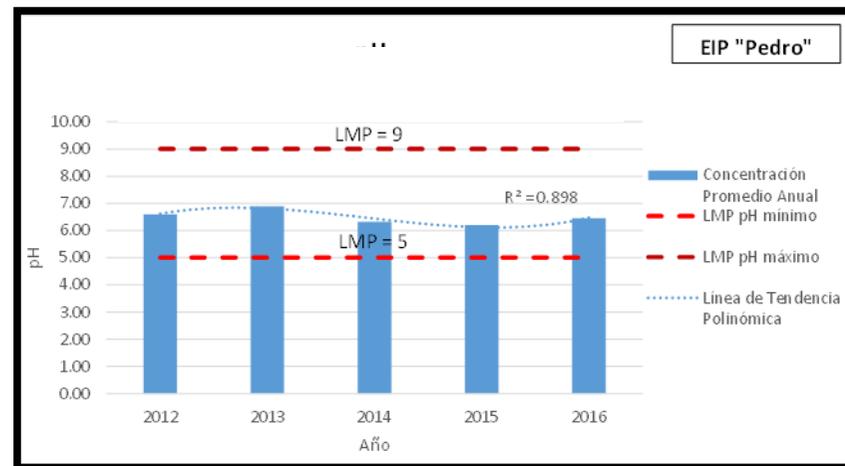
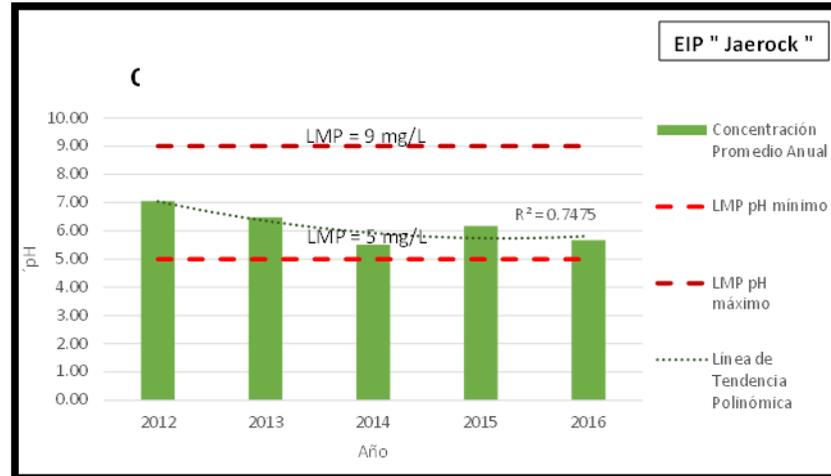
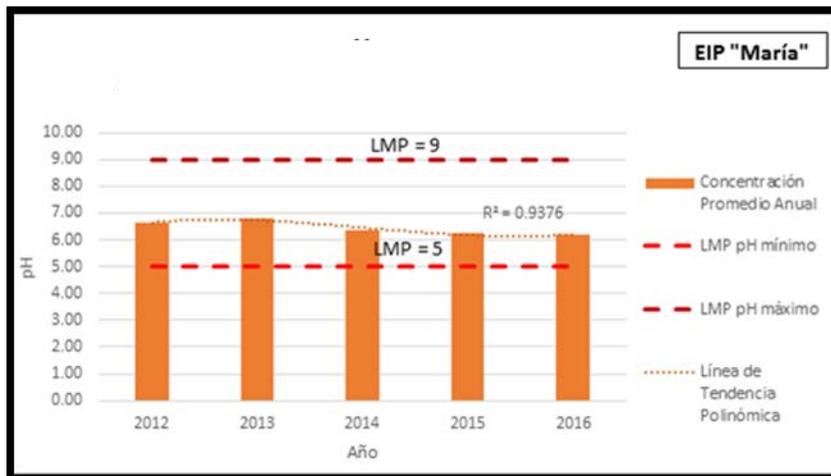


Figura 29. Concentración Promedio Anual de pH en el periodo 2012 - 2016, de los EIP de la Bahía del Callao.

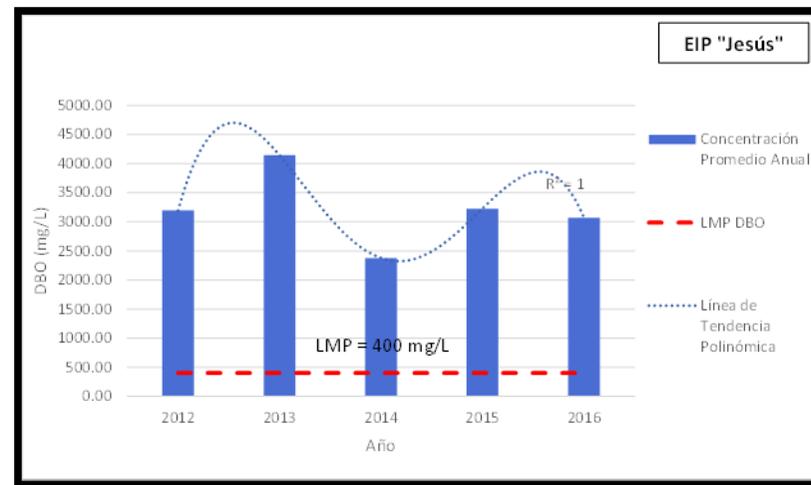
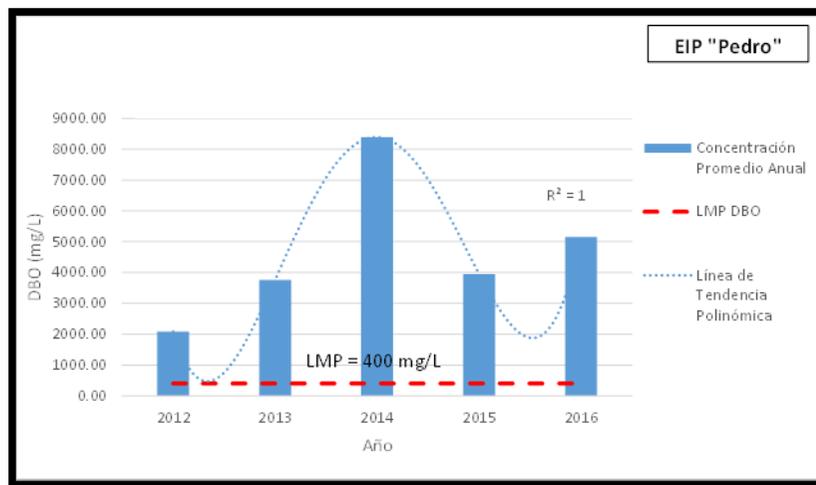
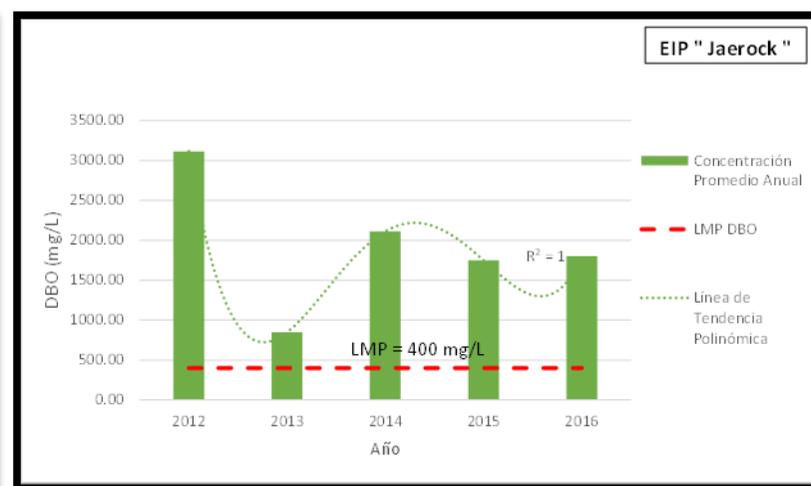
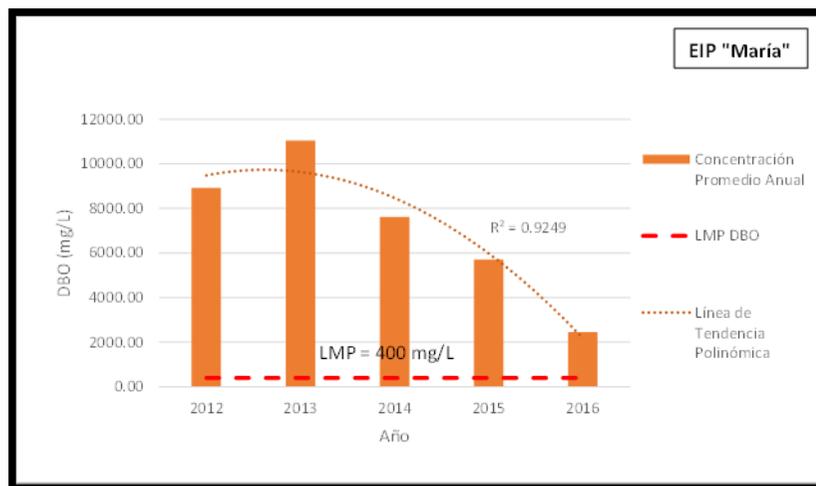


Figura 30. Concentración Promedio Anual de DBO en el periodo 2012 - 2016, de los EIP de la Bahía del Callao.

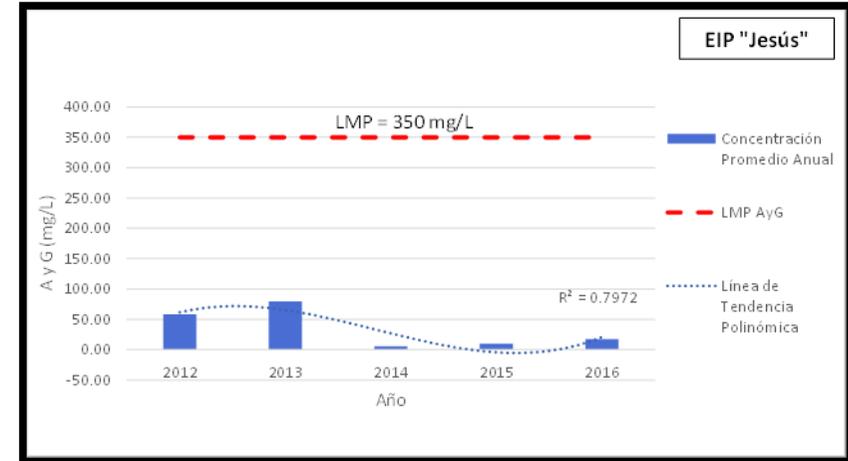
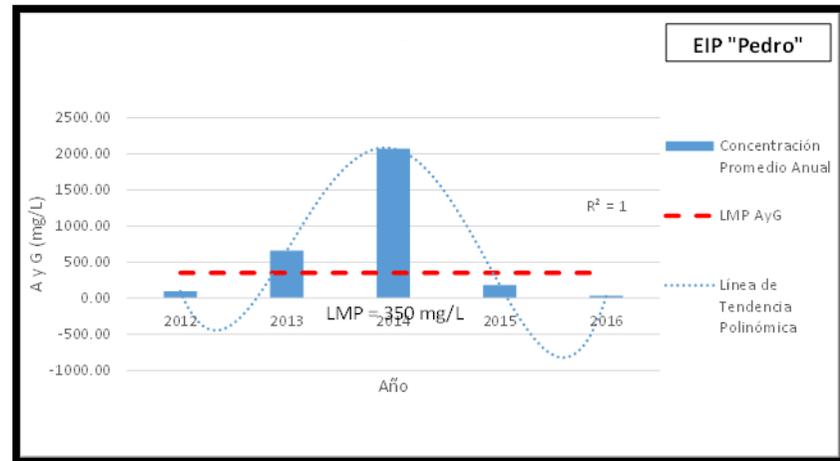
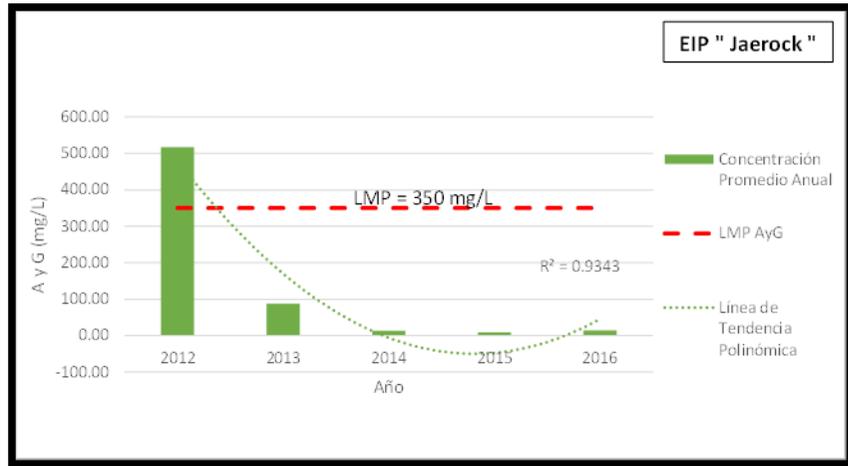
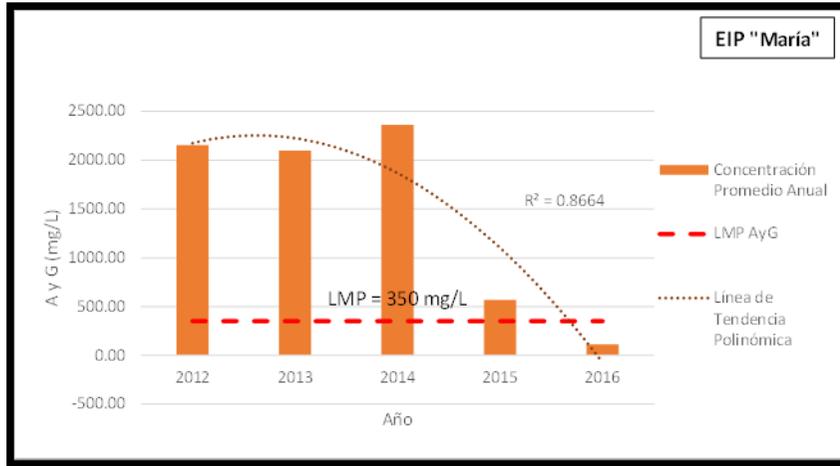


Figura 31. Concentración Promedio Anual de AyG en el periodo 2012 - 2016, de los EIP de la Bahía del Callao

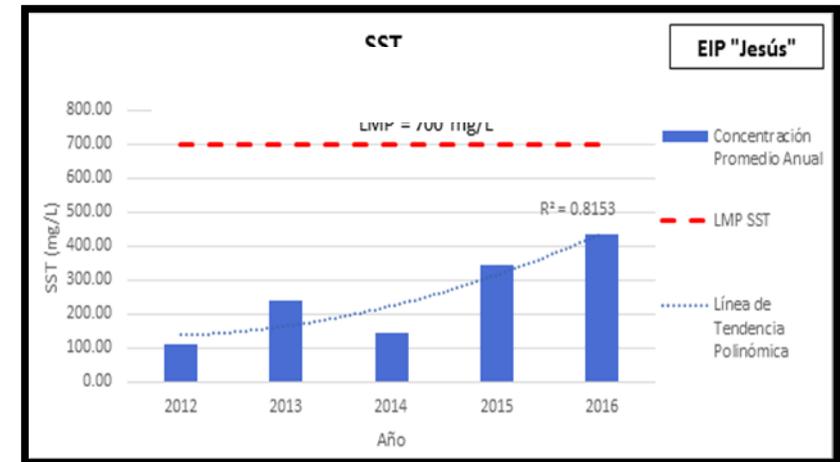
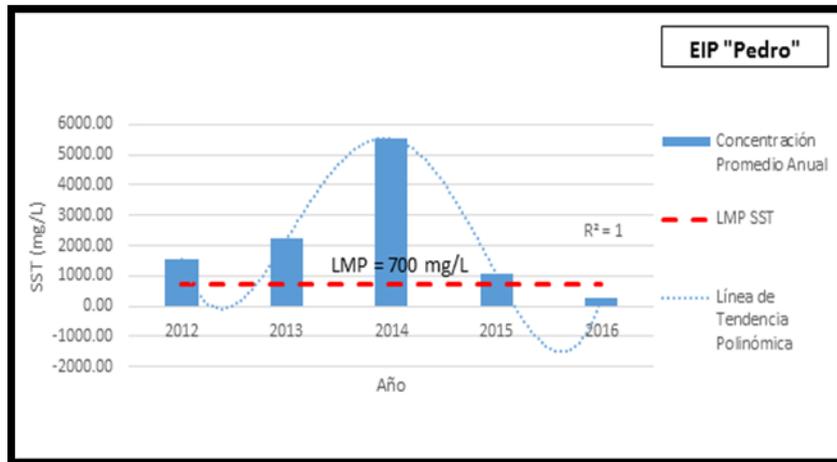
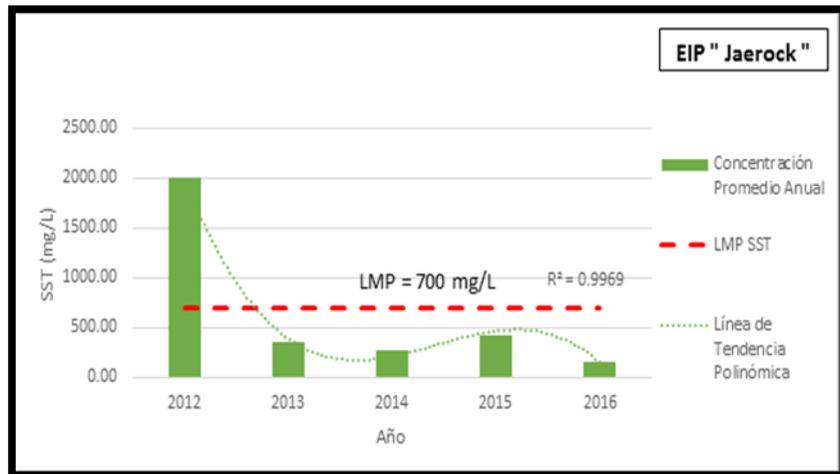
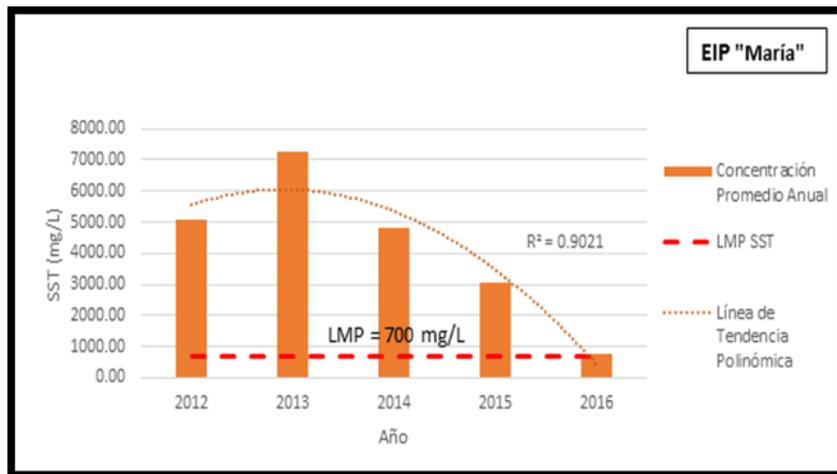


Figura 32. Concentración Promedio Anual de SST en el periodo 2012 - 2016, de los EIP de la Bahía del Callao

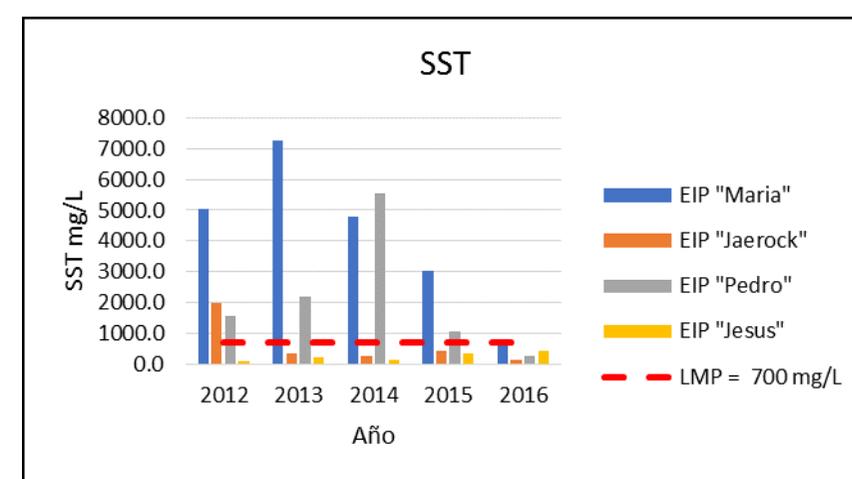
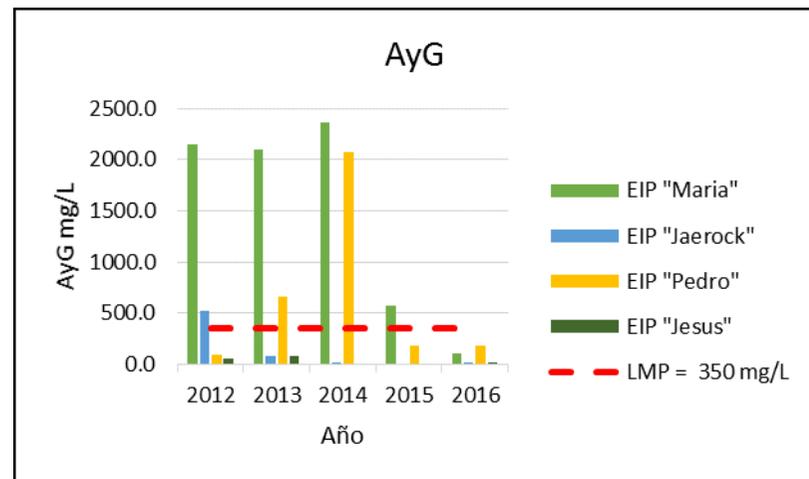
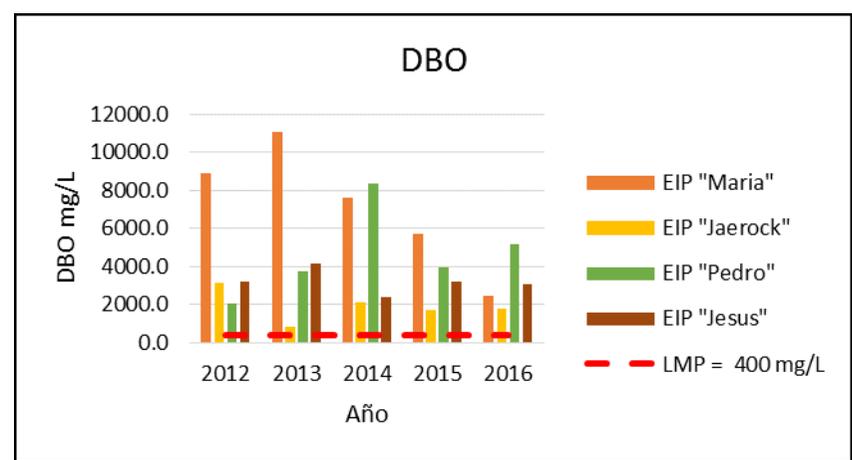
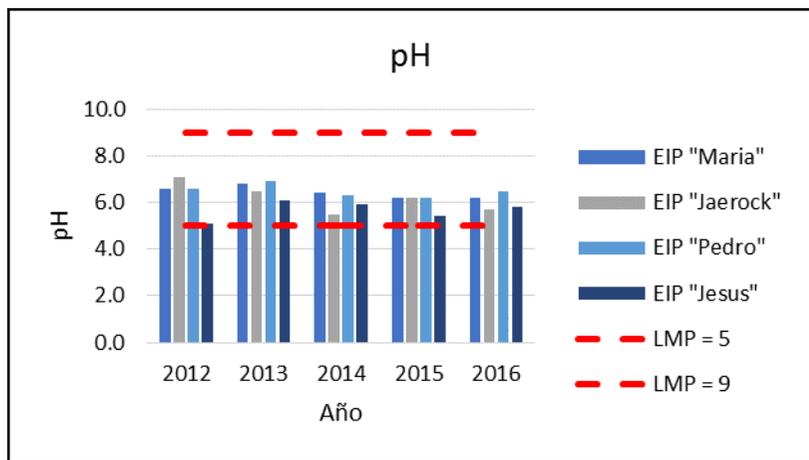


Figura 33. Concentración Promedio Anual de pH, DBO, AyG y SST en el periodo 2012 - 2016, de los EIP de la Bahía del Callao

#### 4.6 Porcentaje de cumplimiento de la normativa ambiental “LMP”

Se estimó el grado de cumplimiento de los LMP por parámetro para cada EIP, en ese sentido, se tiene que el EIP Jesús presenta un 75.93 % de cumplimiento de los LMP, el EIP Jaerock tiene un 65.9 %, de cumplimiento, el EIP Pedro un 48.6 % y el EIP María un 40.8 % de cumplimiento. Así mismo, se determinó un porcentaje promedio de cumplimiento de los LMP (años 2012-2016) para los EIP estudiados de 57.8 %, ver Tabla 11.

**Tabla 11: Porcentaje de cumplimiento de la normativa ambiental “LMP”**

Porcentaje de cumplimiento de los LMP (%)					
	pH	DBO	A y G	SST	Promedio (%)
<b>María</b>	100	13.5	31.8	18.2	40.8
<b>Jaerock</b>	100	5.3	79.2	79.2	65.9
<b>Pedro</b>	100	0	77.3	17.2	48.6
<b>Jesús</b>	100	3.7	100	100	75.93
<b>Promedio Total (%)</b>					<b>57.80</b>

## V. CONCLUSIONES

1. Del análisis temporal de los parámetros estudiados, se observa, en general, para los parámetros SST, AyG y pH, una mejora en la calidad de efluentes como consecuencia del establecimiento de los LMP, la implementación de los Planes de Manejo Ambiental (referido a la instalación de sistemas de tratamiento físico-químico de efluentes), asimismo, debido a la mejora de la eficiencia del proceso relacionado a la recuperación de sólidos, así como, la obtención AyG usado como un subproducto que genera altos ingresos económicos, encontrándose en los últimos años el mayor cumplimiento de la normativa sectorial Nacional; por otro lado, en lo que respecta al parámetro DBO se observa, en general, que las concentraciones de los efluentes tratados no cumplen con lo establecido en la normativa referencial del Ecuador. De las 4 empresas, el “EIP Jesús” cumple en un 100 % los LMP aprobados en Perú.
2. En relación al cumplimiento de los LMP establecidos mediante Decreto Supremo n° 010-2008-PRODUCE se concluye: Respecto al parámetro pH se observa que todas las empresas cumplen con los LMP en un 100% en el periodo analizado 2012-2016. En relación al parámetro **AyG** se observa promedios anuales, con tendencia al cumplimiento de los LMP, resaltando que el EIP Jesús, cumple con los LMP de AyG en un 100 % durante todos los años evaluados, evidenciando un mejor sistema de tratamiento y eficiencia de proceso, seguido por el EIP Jaerock con un 79.2% de cumplimiento, EIP Pedro con 77.3 % de cumplimiento y EIP María con un 31.8% de cumplimiento. Asimismo, para el parámetro **SST**, se aprecia que el EIP Jesús cumple con el LMP en un 100% durante los años estudiados, seguido por el EIP Jaerock quien tiene un 79.2% de cumplimiento de los LMP, mientras que el EIP Pedro solo ha cumplido con el LMP en estudio en el año 2016 (17.2 % de cumplimiento). La empresa que, en general, no cumple con los LMP es el EIP María, a pesar de que se observa que ha tenido una tendencia al cumplimiento en el último año estudiado 2016.

3. Respecto al parámetro DBO, teniendo en cuenta la norma referencial del país de Ecuador (LMP DBO=400 mg/L), se observa de manera general que los EIP no cumplen con esta normativa, evidenciándose que no hay una relación directa de este parámetro con alguna mejora en los componentes de proceso y/o sistemas de tratamiento de efluentes; esto se debe a que no existe normativa sectorial establecida para el parámetro en mención, en ese sentido, se verifica que los sistemas de tratamiento implementados por los EIP se basan en el control de los parámetros AyG, SST y pH. Los resultados de este parámetro para el año 2016, aún siguen evidenciando para los cuatro (04) EIP concentraciones que van desde los 1500 mg/L hasta 5000 mg/L de DBO, las cuales superan en gran manera al LMP referencial.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. El EIP María deberá implementar un adecuado tratamiento de sus efluentes, para cumplir con lo establecido en el LMP sectorial aprobado mediante D.S. N° 010-2008-PRODUCE, asimismo implementar mejoras en sus procesos para aprovechar al máximo la materia prima y evitar pérdidas económicas.
2. Las empresas que procesen materia prima deberán cumplir con el número de muestreos, según lo establecido en el protocolo de monitoreo de efluentes aprobado mediante R.M. N° 061-2016-PRODUCE.
3. Realizar un estudio del cuerpo marino receptor de los parámetros pH, SST y AyG teniendo en cuenta los estándares de calidad ambiental, con el fin de verificar la eficiencia de los LMP establecidos para los efluentes de las industrias de Harina y Aceite de Pescado.
4. Realizar un estudio del cuerpo marino receptor del parámetro DBO, con el fin de determinar el impacto de los efluentes de proceso de los EIP, teniendo en cuenta que no existe normativa para este parámetro y que las concentraciones reportadas por los EIP en estudio superan ampliamente a la normativa referencial para DBO.
5. En ese sentido, el estado deberá ver la necesidad de priorizar el establecimiento de LMP para el parámetro DBO de manera gradual, de modo que los EIP puedan adaptar e implementar sus sistemas tratamientos a la nueva normativa.
6. Los EIP de Harina y Aceite de Pescado deben contar con plantas de tratamiento para sus efluentes que sean acordes a su capacidad instalada real de producción.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Alcayhuaman, R.; Yaya, R. 1997. Impacto ambiental y reutilización de residuos en la industria de harina de pescado. Tesis para optar el título de Ingeniero sanitario. Universidad Nacional de Ingeniería. 115p.
- ✓ Álvarez, F. 2000. La situación crítica de la pesquería industrial del Perú y alternativas de solución. 63p.
- ✓ Cabrera, C. 2001. Contaminación e impacto ambiental en la Bahía de Chancay. Revista del Instituto de Investigación. Volumen 4, N° 8, junio- diciembre de 2001.
- ✓ Castro, P. 2004. Recuperación de la materia orgánica del agua de cola y su aprovechamiento como fuente de nitrógeno en suelos agrícolas. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. 118p.
- ✓ CONAM (Consejo Nacional del Ambiental). 1998. Bahía “El Ferrol” Diagnostico ambiental. 71 p.
- ✓ CONAM (Consejo Nacional del Ambiental). 1998. Practicas recomendadas para mejorar la eficiencia de los procesos en la industria de Harina de Pescado. 93p.
- ✓ Del Valle, J. y Aguilera, J. (1990). Recovery of liquid By-Products from fish meal factories: A Review. Process Biochemistry International: Aug 1990, 122-131.
- ✓ Echarri, L. 2007. Población, ecología y ambiente. Universidad de Navarra, España. 26 p.
- ✓ Elías, X. 2012. Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. Segunda edición. Madrid. 175 p.
- ✓ Farro, H. 1996. Industria Pesquera. edit. Industrial Grafica. Lima. 297 p.
- ✓ Gil, M. 2006. Depuración de aguas residuales: modernización de procesos de lodos activos. Consejo superior de investigadores científicas. Madrid. 340 p.
- ✓ Grados L. 1996. Análisis de Riesgos y Puntos de Control Crítico (HACCP) y su Aplicación Práctica en la Industria de Harina de Pescado. Colegio de Ingenieros del Perú. Lima-Perú.
- ✓ IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 1996. Evaluación de la contaminación marina en la Bahía Ferrol, Chimbote. 37 p.

- ✓ INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2015. Síntesis Estadística 2015. 107p.
- ✓ Jiménez, M. 2002. Aplicación de un sistema de gestión ambiental en una planta harinera de pescado en la bahía de Paita. Tesis para optar el título de Magíster en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Piura. 142 p.
- ✓ Landeo, G.; Ruiz, A.1996. Producción de harina de pescado. Libro relacionado a la industria de harina de pescado.153p.
- ✓ Lezama, T. y Rosillo, V. 2001.Propuesta de un plan estratégico de gestión ambiental en una empresa pesquera de harina y aceite de pescado. Trabajo de Investigación para optar el Título de Ing. Pesquero, UNALM, Lima.118p.
- ✓ Macdonald, D.; Little, M.; Clare, E.; HISCOCK, E. 1996. Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems. Volumen 6. 257-268 p.
- ✓ Normas oficiales para la calidad del agua Venezuela. 1995. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Disponible en <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/43.pdf>. Revisado el 04 de agosto de 2017.
- ✓ Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua Ecuador. 2006. Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente de la República de Ecuador, anexo 1 del libro VI. Disponible en <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%2028%20feb%202014%20FINAL.pdf>. Revisado el 04 de agosto de 2017.
- ✓ PESCA PERÚ. 1994. Informe de análisis de los efluentes. Composición de sanguaza y agua de bombeo. Departamento de aseguramiento de la calidad. Pesca Perú. U.O 3411.Informe, Lima.50p
- ✓ PESCA PERÚ. 1995. Informe de análisis de los efluentes. Composición de sanguaza y agua de bombeo. Departamento de Aseguramiento de la Calidad Pesca Peru.U.O.3103.Informe, Lima.50p.
- ✓ Pizardi, C. 1992. Producción de Harinas Especiales. Seminario: Tecnología Moderna en la Elaboración de Harina de Pescado. Colegio de Ingenieros del Perú.
- ✓ Primo, E. 2007. Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria. Volumen 2. 930 p.

- ✓ PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2002. Resolución ministerial N°003-2002. Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor para los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto. 39p.
- ✓ PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2008. Decreto Supremo N° 010-2008. Límites Máximos Permisibles (LMP) para la industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias. 3p.
- ✓ PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2009. Decreto Supremo N° 010-2008. Guía para la actualización del plan de manejo ambiental para que los titulares de los establecimientos industriales pesqueros alcancen el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LPM). Disponible en [http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2009/abril/25/RM-181-2009-PRODUCE\\_Guia.pdf](http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2009/abril/25/RM-181-2009-PRODUCE_Guia.pdf). Revisado el 30 de Marzo de 2017.
- ✓ PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2016. Resolución ministerial N° 061-2016. Protocolo para Monitoreo de Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto. 31p.
- ✓ Riaño, N. 2007. Fundamentos de química analítica básica, Análisis cuantitativo. Editorial Universidad de Caldas. Colombia. 243 p.
- ✓ Rodríguez, M. 2002. Recuperación de proteínas del agua de cola empleando polímeros naturales. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Agraria La Molina.85p
- ✓ Sánchez, A. 2011. Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable. Instituto Nacional de Ecología- SEMARNAT. México. 330 p.
- ✓ Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Marquez, R.; Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. 286p.
- ✓ SNP (Sociedad Nacional de Pesquería). 2014. Libro de Oro. Editorial
- ✓ Tornos, E y George, P. 1970. “Algunos aspectos de la producción de harina y aceite de pescado”. Informe Técnico N°3. Proyecto de Investigación y Desarrollo Pesquero. MACPNUD-FAO. Caracas.32 p.
- ✓ Tornos, E y George, P. 1972. “La recuperación de aceite y agua de cola en la elaboración de harina de pescado”. Informe Técnico N°41. Proyecto de Investigación y Desarrollo Pesquero. MAC-PNUD-FAO. Caracas.30 p.

## VIII. ANEXO

**Anexo1. Datos de los parámetros monitoreados de la EIP “María”**

EIP "MARIA"				
Fecha de muestreo	pH	DBO	A y G	SST
		mg/L	mg/L	mg/L
16/06/2012	5.72	16486.33	4149.33	9316.67
16/07/2012	7.64	8483.33	2019.33	4977.67
07/12/2012	6.57	1788.33	297	868.33
10/01/2013	6.17	10950	2650	7167
28/05/2013	7.72	7283.33	1877.33	3510
25/06/2013	6.56	8779	1737.5	4130
25/06/2013	7.02	4708	488	2510
17/12/2013	6.49	23525	3747.5	18933
21/05/2014	6.35	8983.33	2392	6153.33
17/06/2014	6.44	4900	2472	3000
08/07/2014	6.32	8960	2218.67	5211.67
16/04/2015	6.05	6160	1128.67	6240
18/05/2015	5.64	2496.67	28.67	218.33
12/06/2015	6.89	4470	802	2980
10/07/2015	6.31	6353.33	1409.67	5153.33
24/11/2015	6.48	7860	16	2205
11/12/2015	6.09	6883.33	25.67	1380
15/01/2016	5.82	4190	30	662.5
24/06/2016	5.71	8065	453.6	2575
22/07/2016	6.55	26.05	1.75	29
06/12/2016	6.09	3.4	0.53	36.66
14/12/2016	6.8	14.7	66.7	388

**Anexo 2. Datos de los parámetros monitoreados de la EIP "Jaerock"**

EIP "JAEROCK"				
Fecha de muestreo	pH	DBO	A y G	SST
		mg/L	mg/L	mg/L
21/01/2012	7.27	3411.5	251.5	2300
14/05/2012	7.65	3126.5	722	2221.5
28/06/2012	7.1	4625	1306	3154.33
29/11/2012	7.37	3666.67	302.33	2106.67
10/12/2012	5.87	742.33	6.33	241.33
10/01/2013	7.2	1143	364	567
29/05/2013	5.27	878	5	108
25/06/2013	5.39	1490.5	46.5	496.5
25/11/2013	8.24	192	6.5	293
19/12/2013	6.3	543	16.5	270
20/05/2014	5.85	3136.5	16	138.5
29/05/2014	5.6	1055	12	284
19/06/2014	5.27	3890	12.67	600.67
22/07/2014	5.31	367	14	70
17/04/2015	5.97	1967	9	1473.33
18/05/2015	5.75	1466.33	14.67	141
11/06/2015	7	1179	11	140
06/07/2015	5.9	2214.33	15.33	250.33
24/11/2015	5.19	2777.67	3	330
09/12/2015	7.23	888.67	2	213.33
15/01/2016	5.38	2100.5	15.5	222.5
24/06/2016	5.67	2578.33	25	195.67
15/07/2016	5.83	1250	1.5	121.67
12/10/2016	5.81	1274	15	92.33

**Anexo 3. Datos de los parámetros monitoreados de la EIP “Pedro”**

EIP "PEDRO"				
Fecha de muestreo	pH	DBO	A y G	SST
		mg/L		mg/L
21/01/2012	7.02	2253.67	88.33	1766.67
16/05/2012	6.14	2576	125.67	1976.67
16/06/2012	5.5	3046	214	2495
28/11/2012	7.63	798.67	11.33	594.33
10/12/2012	6.7	1751	34.67	919
10/01/2013	6.16	3585	1082	2323.33
27/05/2013	7.89	4266.67	796.67	1894.33
25/06/2013	6.03	3599.33	693	1657.67
26/11/2013	7.85	1537.33	67.33	1046.67
17/12/2013	6.53	5792.33	655.67	4144
15/01/2014	6.21	4871.33	1118.33	3386.67
20/05/2014	6.32	12334.33	1596.33	8829
16/06/2014	6.4	10203	3820	5794
08/07/2014	6.33	6143	1749.33	4095.67
01/01/2015	6.97	2971.67	11	440.67
16/04/2015	6.27	5030	777.67	2820
19/05/2015	5.69	5843.33	361.67	1098.33
11/06/2015	6.99	2971.67	11	440.67
07/07/2015	5.94	3862.5	95	631.5
24/11/2015	5.73	2956.33	6.67	953.33
09/12/2015	5.82	4033.33	6	946.67
09/01/2016	6.45	5150	31.23	291.33

**Anexo 4. Datos de los parámetros monitoreados de la EIP "Jesús"**

EIP "JESÚS"				
Fecha de muestreo	pH	DBO	A y G	SST
		mg/L	mg/L	mg/L
17/05/2012	4.39	2366.67	50	124.93
24/06/2012	5.25	3116.67	76.67	111.33
18/07/2012	5.46	1233.33	35.33	128
27/11/2012	5.03	3950	74.2	109.93
17/12/2012	5.2	5300	53.9	89.08
09/01/2013	6.48	6300	124.67	165.2
28/05/2013	7.31	7166.67	134.07	172.63
23/06/2013	5.02	5900	175.33	542.67
18/07/2013	5.54	435	2.3	95.3
03/12/2013	5.77	1866.67	27.03	155.03
21/12/2013	6.38	3200	12.85	312.2
29/01/2014	5.99	1150	1.79	129.1
26/04/2014	6.61	2036.67	3.41	78.9
20/05/2014	4.24	4570	4.66	197.33
07/06/2014	5.21	1546.33	4.26	98.023
08/07/2014	7.46	2583.33	14.37	218.23
16/04/2015	5.17	3800	3.43	627.33
07/05/2015	5.08	5700	4.78	397.33
30/06/2015	5.32	2033.33	6.39	168.8
03/07/2015	5.78	540	5.43	114
23/11/2015	5.41	5200	11.31	273.97
07/12/2015	5.4	2083.33	27.4	486.67
18/01/2016	5.4	2083.33	27.4	486.67
28/06/2016	5.11	4750	12.05	465.67
19/07/2016	5.25	5050	6.66	609.67
19/11/2016	7.27	186	23.6	118.19
03/12/2016	5.79	3266.67	17.07	499.33