

ALTERNATIVA DE RENOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE TEAM  
FOODS COLOMBIA SA (PLANTA BOGOTÁ D.C.) BASADO EN EL ANÁLISIS  
DEL SISTEMA ACTUAL

MARLY JOHANA OROZCO ROBAYO  
LEONARDO ANDRÉS SÁNCHEZ CAMARGO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2012

ALTERNATIVA DE RENOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE TEAM  
FOODS COLOMBIA SA (PLANTA BOGOTÁ D.C.) BASADO EN EL ANÁLISIS  
DEL SISTEMA ACTUAL

MARLY JOHANA OROZCO ROBAYO  
LEONARDO ANDRÉS SÁNCHEZ CAMARGO

Monografía para optar al título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental

Director, Edison Uribe  
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2012

## DEDICATORIA

*“El señor Dios es mi fortaleza y mi escudo; en Él confió mi corazón, y fui ayudado, por lo que se gozo mi corazón y con mi cántico le alabare”*

*Gracias ante todo a mi Señor Jesucristo porque Él es el que me permite alcanzar todos mis sueños, gracias a Él por poner a aquellas personas que me sirvieron de apoyo en el camino, y gracias a mi madre y hermano por estar a mi lado y apoyarme incondicionalmente.*

*Marly Johana*

*Gracias Diosito por darme esta oportunidad de desarrollo profesional,*

*A Mi Madrecita Linda y Don Albertico por su amor y comprensión,*

*A Mis Hermanos por su apoyo y solidaridad*

*Leonardo Andrés*

## **AGRECIAMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Team Foods Colombia S.A (planta Bogotá D.C.) por su soporte financiero y técnico en el proyecto.

Ingeniero Edison Uribe por su guía, colaboración y conocimientos para la elaboración del proyecto.

Ingeniero Richard Díaz por su oportuna ayuda en el desarrollo del proyecto.

Luis Forero, coordinador del sistema de gestión de Team Foods Colombia S.A (planta Bogotá D.C.).

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS	24
1.GENERALIDADES	25
1.1 ANTECEDENTES	25
1.1.1 Recepción de efluentes	26
1.1.2 Acidulación	26
1.1.3 Tanque de flotación de grasas	27
1.1.4 Ajuste final de pH	29
1.1.5 Salida de efluentes	29
1.1.6 Descarga al alcantarillado	29
1.1.7 Características y dimensiones	29
1.2 MARCO TÉCNICO	31
1.2.1 Recepción de efluentes	33
1.2.2 Ecuación de aguas	33
1.2.3 Coagulación y floculación	34
1.2.4 Flotación	34
1.2.5 Neutralización	34
1.2.6 Oxidación	34
1.2.7 Filtración	34

1.2.8 Enfriamiento	35
1.2.9 Descarga al alcantarillado	35
1.2.10 Confinación y homogenización de lodos	35
1.2.11 Deshidratación de lodos	35
1.2.12 Preparación de químicos	35
1.3 OPERACIÓN DE LA PTAR	36
1.3.1 Ecuación	36
1.3.2 Zona de Reacción	36
1.3.3 Zona de Flotación	37
1.3.4 Zona de Filtración	37
1.4 MARCO NORMATIVO	42
1.5 NIVEL DE COMPLEJIDAD	43
2.EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	46
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	46
2.1.1 Recepción de materia prima.	46
2.1.2 Refinación.	46
2.1.3 Hidrogenación.	47
2.1.4 Margarinas.	48
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES	48
2.3 PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO FABRIL	50
2.4 DETERMINANTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	58

3.ALTERNATIVAS DE RENOVACIÓN TECNOLÓGICA	59
3.1 PRETATAMIENTO	62
3.1.1 Trampa de grasas	62
3.1.2 Desarenador	64
3.2 TRATAMIENTO QUÍMICO	65
3.2.1 Desdoblamiento con vapor	65
3.2.2 Rompedor de emulsión	65
3.2.3 Coagulación	65
3.2.4 Floculación	68
3.2.5 Flotación	69
3.2.6 Neutralización	69
3.2.7 Filtración	70
3.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO	70
3.3.1 Lodos activados	71
3.3.2 Biodiscos	72
3.3.3 Filtro anaerobio	73
3.3.4 Reactor de manto de lodos y flujo ascendente	74
3.4 TECNOLOGÍAS EMERGENTES	75
3.4.1 Humedal artificial	75
3.4.2 Oxidación	79
3.4.3 Membranas	84
3.5 POSIBILIDADES DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIAS	87
3.5.1 En las personas.	87

3.5.2 En los procesos.	87
3.5.3 En las maquinas:	88
4.SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	90
4.1 CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	90
4.1.1 Criterios generales de seguridad de proceso	90
4.1.2 Criterios técnicos de diseño	91
4.1.3 Criterios económicos	91
4.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	92
4.3 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA MARGARINAS (PUNTO 5)	102
4.3.1 Naturaleza del Vertimiento de Margarinas	102
4.3.2 Propuesta de tecnología para el tratamiento de aguas residuales de Margarinas	103
4.3.2.1 Ruta de trabajo para la operación de la planta de pretratamiento de aguas de margarinas	107
4.4 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA REFINERÍAS N°1 Y 2 (PUNTOS 3 y 2)	109
4.4.1 Naturaleza del Vertimiento de Refinerías N°1 y 2	109
4.4.2 Propuesta de tecnología para el tratamiento de aguas residuales de Refinerías N°1 y 2	110
4.4.2.1 Ruta de trabajo para la operación de la planta de pretratamiento de aguas de Refinerías	114

CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS	123

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características promedio de los residuos líquidos en el año 1992	26
Tabla 2. Características y dimensiones de PTAR del año 1992	30
Tabla 3. Modificaciones realizadas en la PTAR	32
Tabla 4. Parámetros de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el distrito capital	43
Tabla 5. Asignación del nivel de complejidad	45
Tabla 6. Resultados de los análisis de laboratorio	49
Tabla 7. Caudales de los efluentes en un día normal de producción	49
Tabla 8. Datos del parámetro DQO para el diagrama de pareto	51
Tabla 9. Datos del parámetro DBO <sub>5</sub> para el diagrama de pareto	51
Tabla 10. Datos del parámetro de Tensoactivos para el diagrama de pareto	52
Tabla 11. Datos del parámetro Grasas y Aceites para el diagrama de pareto	53
Tabla 12. Datos del parámetro Sólidos Suspendedos Totales para el diagrama de pareto	54
Tabla 13. Datos del parámetro Sólidos Sedimentables para el diagrama de pareto	46
Tabla 14. Datos del parámetro Fenoles para el diagrama de pareto	55
Tabla 15. Datos del parámetro Temperatura para el diagrama de pareto	56
Tabla 16. Puntos Críticos	57
Tabla 17. Tabla B de valores de referencia para los vertimientos realizados a la red de alcantarillado	58
Tabla 18. Valores de la relación DQO/DBO <sub>5</sub>	59
Tabla 19. Valores de la relación DBO <sub>5</sub> /DQO	60
Tabla 20. Caudales de los efluentes en un día normal de producción	60
Tabla 21. Aspectos e impactos ambientales	61
Tabla 22. Tiempo de gradiente de velocidad para mezcla rápida	67

Tabla 23. Dimensiones de una cámara cilíndrica	67
Tabla 24. Dimensiones de una cámara cilíndrica	78
Tabla 25. Parámetros típicos de diseño de humedales artificiales	79
Tabla 26. Procesos avanzados de oxidación	80
Tabla 27. Ventajas y desventajas de algunas tecnologías	89
Tabla 28. Calificación para la valoración y evaluación de las tecnologías	92
Tabla 29. Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del pretratamiento	94
Tabla 30. Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento químico	95
Tabla 31. Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento biológico	96
Tabla 32. Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro de las tecnologías emergentes	97
Tabla 33. Costo de la PTAR actual	101
Tabla 34. Resultado de la caracterización de Margarinas (punto 5)	102
Tabla 35. Dimensiones propuestas para la trampa de grasas	104
Tabla 36. Dimensiones propuestas para el desarenador	106
Tabla 37. Dimensiones ajustadas del pretratamiento en margarinas	107
Tabla 38. Costo inicial del pretratamiento propuesto en Margarinas	109
Tabla 39. Resultado de la caracterización de Refinería N°1 y 2 (punto 3 y 2)	110
Tabla 40. Dimensiones del tanque del rompedor de emulsión	111
Tabla 41. Dimensiones propuestas para la trampa de grasas	112
Tabla 42. Dimensiones ajustadas de la trampa de grasas en Refinerías N°1 y 2	113
Tabla 43. Costo inicial del pretratamiento propuesto en Refinerías N°1 y 2	115

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Vista general planta instalada en 1992	26
Figura 2. Tanques de acidulación y ajuste de pH	27
Figura 3. Tanque de flotación	28
Figura 4. Entrada tanque de flotación	28
Figura 5. Salida tanque de flotación y descarga grasa	29
Figura 6. Actual planta de tratamiento de aguas residuales	33
Figura 7. Diagrama de proceso de la PTAR (procedimiento 1)	38
Figura 8. Diagrama de proceso de la PTAR (procedimiento 2)	39
Figura 9. Diagrama de proceso de la PTAR (procedimiento 3)	40
Figura 10. Diagrama de proceso del tanque de flotación.	41
Figura 11. Entradas y salidas del proceso de neutralización y blanqueo	47
Figura 12. Entradas y salidas del proceso de desodorización	47
Figura 13. Entradas y salidas del proceso de Hidrogenación	48
Figura 14. Diagrama de pareto para el DQO	51
Figura 15. Diagrama de pareto para el DBO <sub>5</sub>	52
Figura 16. Diagrama de pareto para los Tensoactivos	52
Figura 17. Diagrama de pareto para las Grasas y Aceites	53
Figura 18. Diagrama de pareto para los Sólidos Suspendidos Totales	54
Figura 19. Diagrama de pareto para los Sólidos Sedimentables	55
Figura 20. Diagrama de pareto para los Fenoles	56
Figura 21. Diagrama de pareto para la Temperatura	56
Figura 22. Trampa de grasa simple	63
Figura 23. Trampa de grasa con depósito de acumulación de grasa	64
Figura 24. Desarenador	64
Figura 25. Lodos Activados	72

Figura 26. Plantas usadas en los humedales artificiales	76
Figura 27. Sistema de agua superficial libre	77
Figura 28. Sistema de flujo bajo la superficie	78
Figura 29. Esquema de pretratamiento en Margarinas	.107
Figura 30. Esquema de pretratamiento en Refinerías N°1 y 2	113
Figura 31. Ubicación de los dos pretratamientos en la planta Team Foods Colombia SA (planta Bogotá DC)	116

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES	123
Anexo B. PLANO PTAR DE TEAM FOODS COLOMBIA SA (PLANTA BOGOTÁ D.C)	125
Anexo C. PROUESTA V1.0 DE LEGISLACIÓN FUTURA DISTRITAL	127
Anexo D. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	131
Anexo E. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PEROXIDO DE HIDRÓGENO	132

## RESUMEN

**TITULO:** Alternativa de Renovación Tecnológica de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales Industriales de Team Foods Colombia SA (Planta Bogotá D.C.) basado en el Análisis del Sistema Actual\*

**AUTORES:** Marly Johana Orozco Robayo\*\*  
Leonardo Andrés Sánchez Camargo\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Tratamiento de aguas residuales industriales, grasas y aceites.

Team Foods Colombia SA planta Bogotá DC se dedica a la producción y comercialización de aceites y grasas vegetales, como el aceite de palma y palmiste. Dentro de su proceso productivo existen varias áreas de transformación de la materia prima las cuales son: fraccionamiento, interesterificación, refinación, hidrogenación y margarina, las cuales funcionan como plantas individuales en cuanto a servicios y vertimientos; igualmente se relacionan otras áreas que tienen que ver con el proceso las cuales son: recepción de materia prima y laboratorios. Las aguas residuales que se vierten de cada área o proceso mencionado se dirigen a un pozo donde se mezclan, y de allí pasan a la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa (PTAR), en donde se homogenizan y reciben un tratamiento primario (físicoquímico), reduciendo la carga bioquímica y con esto cumplir con las concentraciones y estándares permitidos y poder ser vertidas al sistema de alcantarillado público de Bogotá D.C., de acuerdo a la normatividad establecida (Resolución 3957/2009 SDA).

Debido a cambios en los procesos que pueden llevar a que la planta pierda capacidad de tratamiento, a legislación futura y a que la planta está cerca de cumplir su ciclo de vida, en esta monografía se presenta una alternativa de renovación tecnológica de la planta de tratamiento de aguas residuales, la cual consiste en dos pretratamientos en los puntos de vertimiento de mayor contaminación dentro del proceso productivo, uno compuesto por una trampa de grasas, desarenador y proceso de oxidación; y el otro compuesto por un proceso de oxidación química, un tanque donde se dosifica un rompedor de emulsión y una trampa de grasas; todo esto teniendo en cuenta la evaluación del sistema actual y los criterios de selección de la mejor alternativa teniendo presente que con ésta se den las mejores condiciones para la empresa.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ciencias Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Edison Uribe

## ABSTRACT

**TITLE:** Alternative Technologic Renew of the Plant Treatment of Waste Water of Team Foods Colombia S.A. plant at Bogota D.C based in the analysis current system\*.

**AUTHORS:** Marly Johana Orozco Robayo\*\*  
Leonardo Andrés Sánchez Camargo\*\*

**KEYWORDS:** Treatment of industrial waste water, fats and oils.

Team Foods Colombia S.A. plant at Bogota D.C. it dedicates to the production and commercialization of oil, and vegetable fat, as oil palm and palmiste. In the productive process exist different transformation areas of raw material, as following: division, interesterification, refining, hydrogenation and margarine, this areas function as individual plants on services and dumping the same time, there are other areas that has to do with the process and there are: reception of raw material, and lab. The residual waters of each process pour to a well where it mix up, and then goes through the water residuals plant treatment of the company (PTAR), in where it homogenize and receive a primary treatment (physiochemical), reducing the biochemical charge, and with this fulfill with the concentrations and standards allowed and can be spill on the drains of Bogota D.C., according to the established law (Resolution 3957/2009 SDA).

Due the changes on the process that can carry out that the plant can lose capacity on treatment, the future law and that the plant is near to fulfill its life cycle; in this monograph shows an alternative technologic renew of the plant treatment of waste water, that consist in two pretreatment in the points of spill bigger contamination into the productive process, one is compose on a process of fat, sand trap and oxidation process; and the other one, is a chemical oxidation process, a tank where it dose an emulsion breaker and a fat trap; all of this taking into account the actual evaluation system and the criteria o selection of the best alternative, bearing in mind that with this process the company has the best conditions.

---

\* Work Degree

\*\* Physical Chemistry Faculty. School of Chemical Engineering. Director Edison Uribe

## GLOSARIO

**DBO:** es la medida del oxígeno disuelto requerido por los microorganismos (principalmente bacterias) para descomponer la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas, donde el contenido orgánico sirve como alimento a las bacterias.

**DIAGRAMA DE PARETO:** también llamado curva 80-20, es una gráfica que muestra los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar

**DQO:** es la medida de la materia orgánica biodegradable y no biodegradable oxidable presente en una muestra de agua residual, casi todos los compuestos orgánicos pueden ser oxidables en condiciones ácidas por la acción de agentes fuertemente oxidantes.

**FENOLES:** son todas aquellas sustancias derivadas del fenol (hidroxibenceno o bencenol), son sustancias muy tóxicas en estado puro. Los derivados fenólicos más importantes desde el punto de vista del control analítico de las aguas son: Fenol, 2-Monoclorofenol, 4-Monoclorofenol, 2,4-Diclorofenol, 2,6-Diclorofenol, 2,4,6-Triclorofenol, Tetraclorofenoles, Pentaclorofenoles, Cresoles y Naftoles.

**MARGARINA:** es una sustancia grasa comestible de consistencia blanda elaborada de diversos aceites vegetales usada en sustitución de la manteca

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR):** son instalaciones en donde a las aguas residuales se les retira los contaminantes para poder ser vertidas en el sistema de alcantarillado o cuerpos receptores naturales.

**PUNTO PINCH:** El punto de Pinch corresponde a la mínima diferencia de temperatura entre las corrientes frías y calientes que todavía permite un intercambio apreciable.

**SOLIDOS SEDIMENTABLES:** Se determinan como el volumen de sólidos en un litro de agua residual que sedimentan en una hora, medidos en un cono Imhoff.

**SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES:** Fracción de sólidos totales retenidos sobre un filtro con un tamaño de poro específico, medido después de que ha sido secado a una temperatura específica.

**VERTIMIENTO:** es todo aquel residuo de agua industrial y/o descarga líquida que recibe un tratamiento en la PTAR, para luego ser vertido al alcantarillado cumpliendo con la normatividad ambiental.

## INTRODUCCIÓN

Team Foods Colombia SA planta Bogotá DC está ubicada en la Avenida Autopista Sur No. 57 – 21, barrio la Laguneta en el sector La Sevillana. Es una empresa dedicada a la elaboración de reconocidos productos en el mercado de consumo masivo como: Campi, La Buena, Dagusto, entre otros. Los anteriores productos se consiguen a partir de un proceso de fabricación autónomo, tecnológico y de calidad, el cual involucra procesos de transformación del aceite de palma y palmiste.

Dentro de su proceso productivo existen varias áreas de transformación de la materia prima las cuales son: fraccionamiento, interesterificación, refinación, hidrogenación y margarina, las cuales funcionan como plantas individuales en cuanto a servicios y vertimientos; de igual manera se relacionan otras áreas que tienen que ver con el proceso las cuales son: recepción de materia prima y laboratorios. Las aguas residuales que se vierten de cada área o proceso mencionado se dirigen a un pozo donde se mezclan, de allí pasan a la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa (PTAR), en donde se homogenizan y reciben un tratamiento primario (fisicoquímico), reduciendo la carga bioquímica y con ello cumplir con las concentraciones y estándares permitidos y poder ser vertidas al sistema de alcantarillado público de Bogotá D.C, de acuerdo a la normatividad establecida (Resolución 3957/2009 SDA).

La planta ha sufrido modificaciones desde su inicio a causa del mercado (especialización fabril), por cambios en la legislación nacional y distrital que cada vez se hacen más rigurosos y también por el aumento de la eficiencia de la planta reduciendo los desperdicios. La presente monografía plantea una alternativa de renovación tecnológica debido a que la planta de tratamiento de aguas residuales tiene 19 años de trabajo continuo en donde parte de sus componentes están cerca de cumplir su ciclo de vida, a cambios en los procesos que pueden llevar a que la

planta pierda capacidad de tratamiento a causa de las fluctuaciones en los vertimientos y a la legislación futura con parámetros más rigurosos.

La elaboración de la presente monografía dará las bases para realizar un nuevo esquema del tratamiento de las aguas residuales en la empresa de acuerdo al punto crítico encontrado, con el fin de optimizar el proceso, aumentar la capacidad de tratamiento, eliminar pérdidas, disminuir las cargas contaminantes y buscar alternativas de reutilización del agua tratada, teniendo un aporte significativo para la compañía y el medio en general.

## OBJETIVOS

### *GENERAL*

- Formular una alternativa de renovación tecnológica de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de Team Foods Colombia S.A (planta Bogotá D.C.) basado en el análisis del sistema actual.

### *ESPECIFICOS*

- Definir la línea base y determinantes del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales.
- Identificar los puntos críticos de contaminación dentro del proceso productivo.
- Plantear posibles alternativas de renovación tecnológica.
- Seleccionar la mejor opción de renovación tecnológica.

## 1. GENERALIDADES

Team Foods Colombia SA planta Bogotá DC se dedica a la producción y comercialización de aceites y grasas vegetales, como el aceite de palma y palmiste. Dentro de su proceso productivo existen varias áreas de transformación de la materia prima las cuales son: fraccionamiento, interesterificación, refinación, hidrogenación y margarina, las cuales funcionan como plantas individuales en cuanto a servicios y vertimientos; de igual manera se relacionan otras áreas que tienen que ver con el proceso las cuales son: recepción de materia prima y laboratorios, para su proceso. Las aguas residuales que se vierten de cada área o proceso mencionado se dirigen a un pozo donde se mezclan, de allí pasan a la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa (PTAR), en donde se homogenizan y reciben un tratamiento primario (fisicoquímico), reduciendo la carga bioquímica y con ello cumplir con las concentraciones y estándares permitidos y poder ser vertidas al sistema de alcantarillado público de Bogotá D.C, de acuerdo a la normatividad establecida (Resolución 3957/2009 SDA).

### 1.1 ANTECEDENTES

Inicialmente en 1992 la planta de tratamiento de residuos líquidos de Team Foods Colombia SA planta Bogotá DC (Figura 1) fue diseñada, construida y montada por Servialco LTDA para tratar los desechos industriales para que sus parámetros de calidad se ajustaran a los requisitos exigidos por la E.A.A.B para los vertimientos al alcantarillado. Antecedente a este proyecto, el estudio realizado por Servialco LTDA sobre la tratabilidad de los desechos, el cual definió los parámetros básicos de la planta y los acuerdos suscritos entre la E.A.A.B con los representantes de las industrias del sector. Las características promedio de los residuos líquidos que alimentaban la planta de tratamiento en esta época se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características promedio de los residuos líquidos en el año 1992

Caudal	5,7 L/s (aprox. 500 m <sup>3</sup> /día)
pH	6,5 – 11,4
Grasas	2050 – 2886 ppm
DBO	1460 ppm
Temperatura	30 – 40 °C

**Figura 1.** Vista general planta instalada en 1992



La planta fue diseñada para trabajar con un caudal de 11,4 L/s (2 veces el caudal promedio). Las características generales de la planta montada en esa época se describen a continuación.

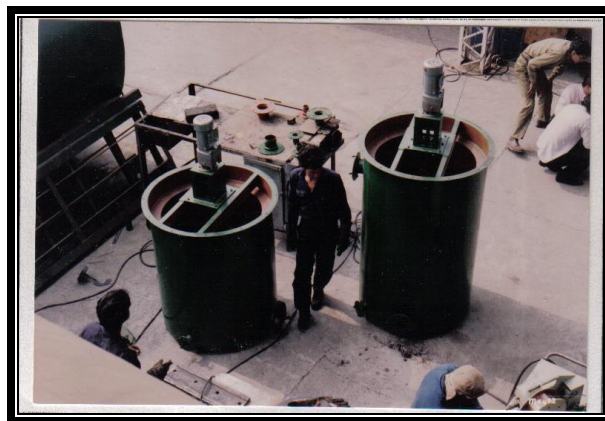
1.1.1 Recepción de efluentes. Los desechos industriales se recogían en un pozo para lograr una uniformización de cantidad y calidad.

1.1.2 Acidulación. Por medio del control del pH y una aireación adecuada, era posible lograr una buena separación entre las materias grasas y el agua industrial, reduciendo el contenido en las aguas servidas hasta niveles aceptables para su vertimiento, este proceso se realizaba en los tanques que se muestran en la Figura 2.

La acidulación se realizaba agregando un ácido fuerte a la corriente del efluente industrial; las bombas dosificadoras de ácido, estaban conectadas a un dispositivo de teflón, especialmente diseñado para garantizar una buena mezcla. Las aguas aciduladas se homogenizaban en un tanque de mezcla rápida para continuar su tratamiento.

Un sensor de pH, localizado en la salida del tanque de homogenización, producía una señal que se enviaba a un transductor-controlador que por una parte la convertía en una lectura visual de unidades de pH y por otra, controlaba la dosificación de las bombas de ácido.

**Figura 2.** Tanques de acidulación y ajuste de pH



1.1.3 Tanque de flotación de grasas. La grasa y ácidos grasos se separaban del agua en el tanque de flotación (Figura 3) que constaba de 4 secciones o zonas de tratamiento sucesivas:

**Alimentación:** se recibe la mezcla y con un tabique separador se obliga al fluido a circular por la parte inferior.

**Flotación:** para la separación de materias grasas del agua, se adiciona aire en micro burbujas producidas por difusores especiales de aire (Figura 4).

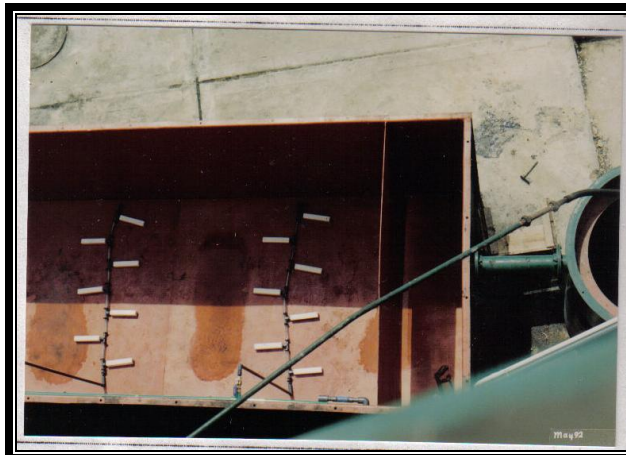
**Descarga de grasas:** a través de un recolector de vertedero variable se retira la materia grasa que sale por el canal lateral separándose de las aguas tratadas (Figura 5).

**Retiro de aguas tratadas:** por medio de un tabique separador y un vertedero de control de descarga, se elimina el efluente industrial tratado.

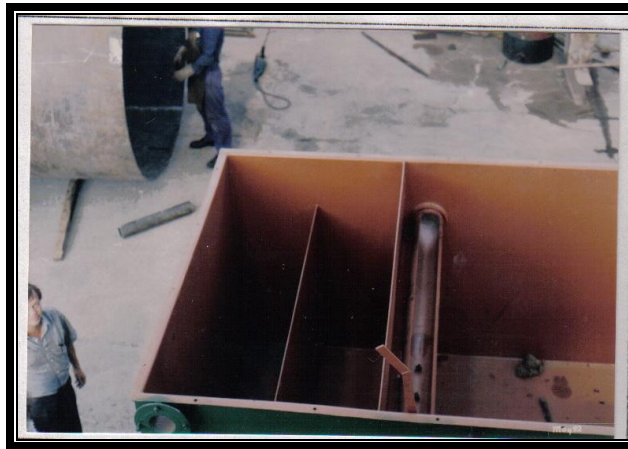
**Figura 3.** Tanque de flotación



**Figura 4.** Entrada tanque de flotación



**Figura 5.** Salida tanque de flotación y descarga grasa



1.1.4 Ajuste final de pH. El efluente, con bajo contenido de grasas, debe ser tratado para ajustar su pH hasta valores que cumplan con los requerimientos existentes para descargas al alcantarillado. Para ello, se agregaba soda, la cual se dosificaba a un tanque con agitación para homogenizar la mezcla.

1.1.5 Salida de efluentes. Los efluentes de la planta de tratamiento pasaban a un pozo de inspección, localizado en el exterior de las instalaciones de Team Foods Colombia SA planta Bogotá DC, en donde se facilita tanto el muestreo como la evaluación de caudal por medio de un vertedero.

1.1.6 Descarga al alcantarillado. Los efluentes industriales se mezclaban con aguas negras para ser descargados al alcantarillado.

1.1.7 Características y dimensiones. De los equipos que conformaban la planta de tratamiento de esa época se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Características y dimensiones de PTAR del año 1992

<b>Pozo de recepción de efluentes</b>	
Profundidad neta:	4,90m
Largo:	2,40m
Ancho:	1,10m
Volumen:	12,93m <sup>3</sup>
Tiempo de retención:	37 min 49 s (a caudal promedio)
<b>Tanque de acidulación y homogenización</b>	
Forma de tanque:	Cilíndrico
Material:	Lamina 3/16"
Diámetro del tanque:	1,0m
Altura total:	1,645m
Altura de llenado:	1,445m
Número de baffles:	3
Ancho de baffles:	0,085m
Tipo de agitador:	Hélice
Número revoluciones agitador:	173 rpm
Potencia del motor:	1,2 HP
Tiempo de retención:	1min 40 s (a caudal máximo)
Tiempo de retención:	3min 20 s (a caudal medio)
<b>Tanque de flotación</b>	
Forma del tanque:	Rectangular
Material:	Lamina de acero 3/16"
Ancho del tanque:	1,80m
Largo total del tanque:	8,50m
Altura del tanque:	1,50m
Altura del vertedero de salida:	1,11m
Volumen útil:	16m <sup>3</sup>
Tiempo de retención:	23 min 24 s (a caudal máximo)
Tiempo de retención:	46 min 48 s (a caudal medio)
Pantallas deflectoras:	3
Altura máxima de vertedero de grasa:	1,138m

**Tabla 2.** (Continuación)

<b>Tanque de ajuste de pH</b>	
Forma de tanque:	Cilíndrico
Material:	Laminas de acero 3/16"
Diámetro del tanque:	1,0m
Altura total:	1,20m
Altura de llenado:	1,05m
Número de baffles:	3
Ancho de baffles:	0,085m
Tipo de agitador:	Hélice
Número revoluciones agitador:	173rpm
Potencia del motor:	1,2HP
Tiempo de retención:	1 min 12 s (a caudal máximo)
Tiempo de retención:	2 min 24 s (a caudal medio)
<b>Pozo de inspección y aforo</b>	
Profundidad:	1,74m
Ancho:	0,80m (sin muros)
Largo:	1,30m (sin muros)
<b>Pozo de recolección</b>	
Profundidad:	3,50m (sin muros)
Volumen total:	3,85m <sup>3</sup>
Ancho:	1,0m
Largo:	1,10m
Volumen útil:	2,09m <sup>3</sup>

## 1.2 MARCO TÉCNICO

La planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ha tenido modificaciones a medida que ha pasado el tiempo debido a cambios en la producción y también a los cambios de normatividad. Las modificaciones que ha sufrido la planta de tratamiento de aguas residuales se mencionan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Modificaciones realizadas en la PTAR

<b>Año</b>	<b>Modificaciones realizadas y unidad instalada</b>	<b>Función de la unidad</b>
1992	Instalación de planta de tratamiento de aguas.	Tratar los desechos industriales y que sus parámetros de calidad se ajustaran a los requisitos exigidos en la legislación.
1993	Instalación de tanques equalizadores.	Homogenizar todos los efluentes que son tratados en la PTAR.
1994	Instalación de: sistema DAF con aire y agua a presión, sistema raspador de lodos, modificación de tanque de lodos.	Mejorar el sistema de flotación y poder separar y tratar los lodos resultantes.
1995	Instalación de tanque cónico para decantación de lodos e instalación de bomba.	Separar y tratar los lodos resultantes.
1998	Instalación de Torre de enfriamiento.	Cumplir con el parámetro de temperatura exigido en la legislación.
2005	Instalación de filtro prensa.	Separar y tratar los lodos resultantes. Se utiliza en la deshidratación de los lodos para recuperar los productos líquidos y reducir el volumen de los lodos.
2006	Instalación del filtro de pulido.	Mejorar la calidad del agua tratada.
2008	Instalación de sistema de oxidación con ozono. <sup>1</sup>	Mejorar parámetros de calidad como la DBO <sub>5</sub> , DQO y SST.
2009	Remodelación del sistema de dosificación de químicos.	Mejorar la dosificación ahorrando químicos.

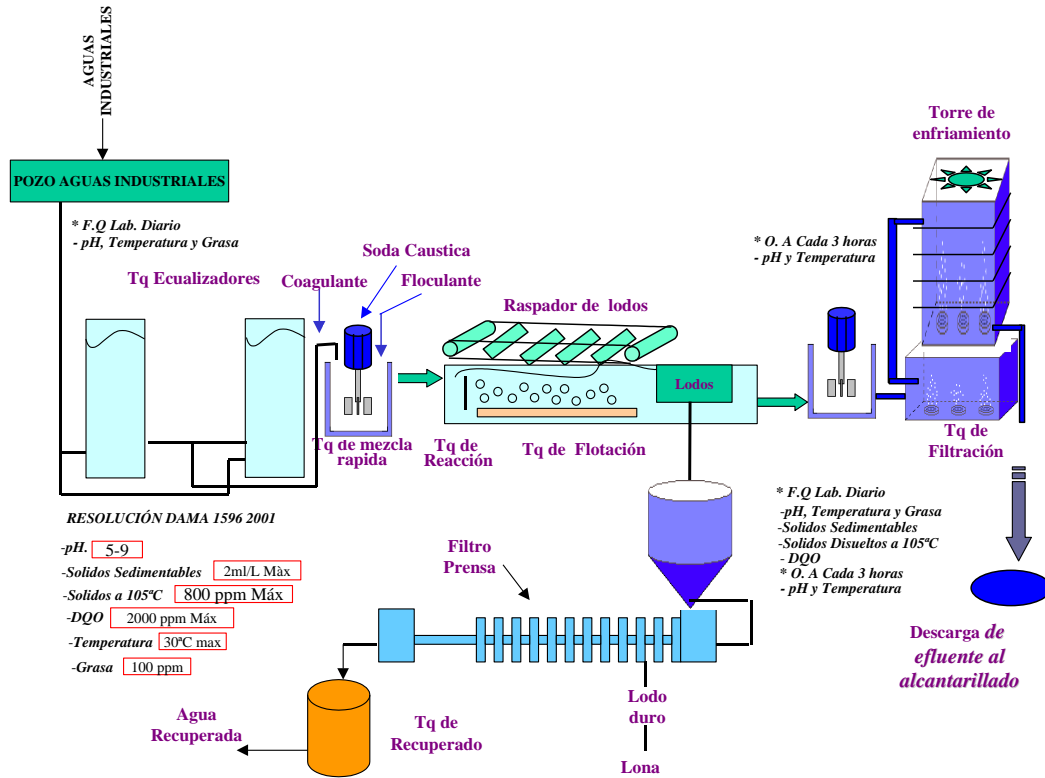
La planta inicialmente montada tuvo modificaciones al primer año, para mejorar su funcionamiento, debido a las fluctuaciones presentadas que hacían que en algunos días los efluentes no cumplieran con la normatividad exigida, debido a que los residuos líquidos del proceso de la empresa variaban en sus parámetros fisicoquímicos y no eran iguales en todo momento, se requirió montar dos tanques equalizadores en donde los residuos se homogenizaran y recibieran el mismo tratamiento, del mismo modo fue necesario incluir insumos como lo son el coagulante y floculante para mejorar la clarificación de las aguas, también implementar equipos para tratar los lodos que quedaban del tratamiento mediante el raspador de lodos, el tanque espesador de lodos, el filtro prensa y un tanque de almacenamiento de lodos, añadir además un tanque de recuperación de químicos, tanque de neutralización, un filtro de lecho mixto, una torre de enfriamiento, y

---

<sup>1</sup> TRUJILLO CUELLAR, Viviana y VARELA REYES, Diana. Implementación de la técnica de ozonización para mejorar la calidad del agua de vertimiento de Acegrasas S.A. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico. Bogotá DC.: Universidad de América. 2009.

cambiar en el tanque de flotación el sistema de difusores de aire por el sistema DAF (Dissolved Air Flotation), un sistema de flotación por aire disuelto. La planta de tratamiento de aguas residuales modificada tiene las características que se muestran en la Figura 6.

**Figura 6.** Actual planta de tratamiento de aguas residuales



La planta actualmente realiza los siguientes procesos o tratamientos:

1.2.1 Recepción de efluentes. Los desechos líquidos industriales se recogen en un pozo para almacenar y alimentar la planta de tratamiento de aguas.

1.2.2 Ecuilibración de aguas. El efluente se traslada a dos tanques (tanques ecualizadores) por medio de una bomba donde se homogenizan con aire comprimido. Los tanques trabajan por baches, es decir, mientras uno alimenta la planta el otro está en estado de llenado.

1.2.3 Coagulación y floculación. Luego que el tanque de agua este lleno y homogenizado, el efluente se traslada por medio de una bomba a un tanque de mezcla rápida donde se adiciona un agente químico coagulante (El coagulante es un compuesto químico que inestabiliza la materia suspendida en forma coloidal, a través de la alteración de la capa iónica cargada eléctricamente que rodea a las partículas coloidales) y un agente químico floculante (sustancia química que aglutina sólidos en suspensión, provocando su precipitación). Las dosificaciones se determinan a través de prueba de jarras y cambia por cada bache.

1.2.4 Flotación. Por gravedad el efluente pasa del tanque de mezcla rápida al tanque de flotación. En este tanque se hace la separación de los lodos por medio de un sistema de burbujeo llamado DAF, en donde los lodos quedan en la parte superior y las aguas clarificadas en la parte inferior.

1.2.5 Neutralización. Al final del tanque de flotación se hace un pulimento del efluente a través de un separador de grasa, ahí mismo se hace la aplicación del alcalinizante para controlar el pH. Por vasos comunicantes el efluente se traslada al tanque de neutralización (tanque cerrado con agitación mecánica) donde se adiciona un agente oxidante con el fin de remover componentes no deseados. En este tanque se mide la temperatura de entrada del efluente.

1.2.6 Oxidación. Por gravedad el efluente pasa al tanque de oxidación que está compuesto por un separador de grasa y un tanque de ozonización (donde se aplica ozono por medio de un serpentín sumergido) donde el efluente termina su ciclo de oxidación. En este tanque se encuentra el electrodo de control de pH.

1.2.7 Filtración. Por medio de una bomba el efluente se traslada a un filtro de lecho mixto (gravilla, arena, resina de intercambio iónico, antracita y carbón

activado). Luego pasa por un filtro de tela donde termina de hacer el filtrado de los sólidos suspendidos.

1.2.8 Enfriamiento. El efluente pasa a una torre de enfriamiento donde el ventilador es controlado por la temperatura de entrada. En esta torre se mide la temperatura de salida del efluente.

1.2.9 Descarga al alcantarillado. Finalmente el efluente se descarga al pozo de recolección que se comunica con el pozo de inspección.

1.2.10 Confinación y homogenización de lodos. Los lodos que se encuentran en el tanque de flotación pasan al tanque de acumulación de lodos (esta dentro del tanque de flotación) a través de un raspador. Por medio de bomba neumática se trasladan los lodos al tanque espesador de lodos donde se agitan.

1.2.11 Deshidratación de lodos. A través de una bomba los lodos se trasladan al filtro prensa donde se deshidratan. Los lodos deshidratados caen a una lona y cuando se llena se dispone con la empresa de aseo. Los lixiviados salientes del filtro prensa se acumulan en el tanque de recuperación de químicos.

1.2.12 Preparación de químicos.

Coagulante: El agente coagulante se mezcla con los lixiviados de los lodos (se trasladan del tanque de recuperación a través de una bomba) en el tanque de preparación del coagulante a través agitación con aire y con propela. Se dosifica en la tubería antes de llegar al tanque de mezcla rápida

Floculante: Se prepara con agua de acueducto en un tanque de plástico. Se dosifica en el tanque de mezcla rápida.

Alcalinizante: Se acumula en un tanque de plástico y se dosifica de manera automática en el separador de grasas del tanque de flotación.

Oxidante: Se prepara en un tanque plástico y se dosifica en el tanque de Neutralización.

### 1.3 OPERACIÓN DE LA PTAR

El caudal promedio que trata la planta de tratamiento de aguas residuales es de 120 m<sup>3</sup>/día. El procedimiento de tratamiento se muestra a continuación.

1.3.1 Ecuilización. El proceso inicia con la toma de agua del pozo de aguas industriales, se pone en marcha la bomba de alimentación de los tanques ecualizadores los cuales trabajan tanque a tanque, es decir, mientras de un tanque se desocupa agua para tratar, el otro tanque se empieza a llenar. Estos tanques tienen una capacidad de 50 m<sup>3</sup> y en su interior hay un sistema de aire para minimizar los picos de cargas y proveer un control positivo de la alimentación de químicos.

1.3.2 Zona de Reacción. Previamente se efectúan ensayos de jarras para determinar la cantidad de productos químicos a dosificar y dependiendo si la clarificación es buena se inicia el proceso. Para clarificar el agua se utiliza coagulación y floculación, el coagulante se adiciona en la línea de alimentación al tanque de mezcla rápida, el floculante se adiciona en el tanque de mezcla rápida.

Para evitar el arrastre en la salida del proceso, además de llevar el valor de pH al rango establecido por norma para vertimiento, se adiciona soda cáustica (neutralizante) en el tanque de mezcla rápida permitiendo una mejor reacción del coagulante y mayor formación de flóculos. La dosificación de coagulante,

floculante y neutralizante depende del tipo de agua que se esté tratando con base en los ensayos de jarras.

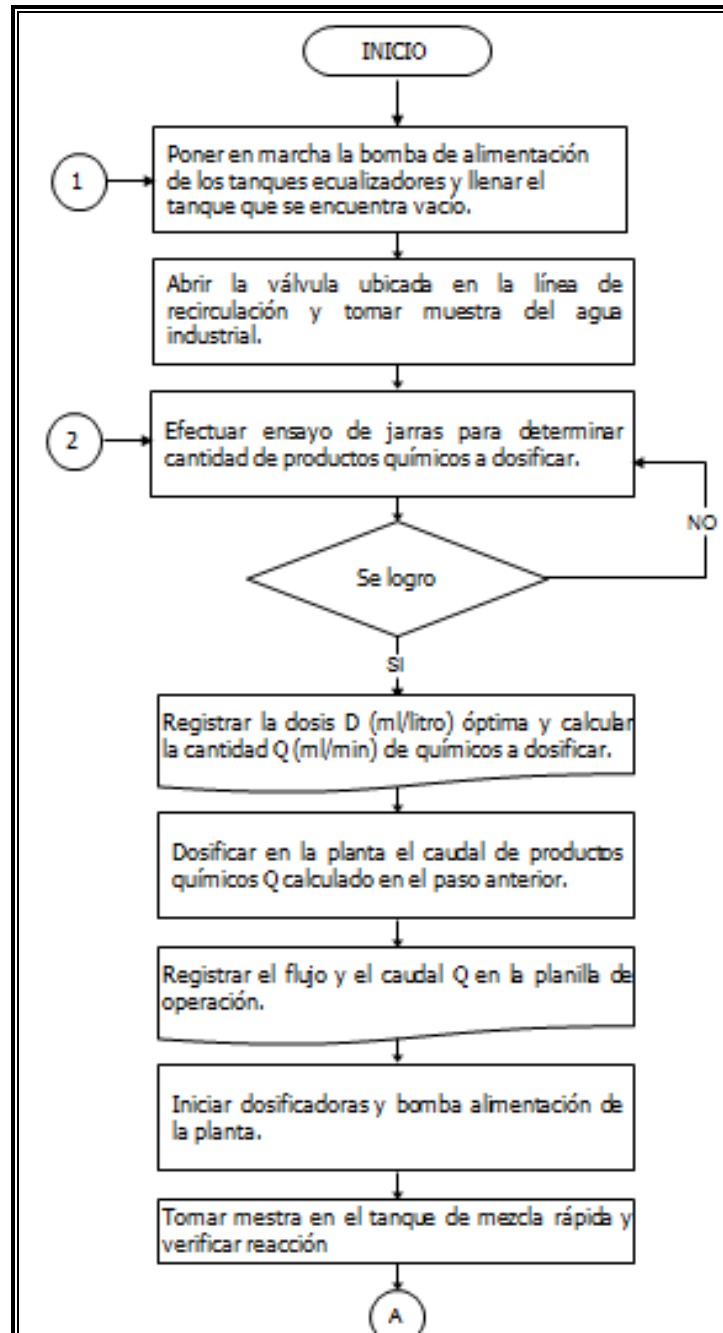
1.3.3 Zona de Flotación. Cuando se observa que el agua tiene buena clarificación se pone en funcionamiento el sistema DAF, este mantiene el lodo sobre la superficie del agua por medio de aire disuelto. Este proceso inicia verificando el nivel de agua en el tanque de flotación, se abren las válvulas para llenar el tanque DAF junto con la válvula de paso de aire al tanque DAF. Se prende la bomba de alimentación de agua al tanque DAF y se verifica que enciendan las señales de la válvula solenoide de paso de aire. El floc debe ascender en el tanque de flotación para que haya una buena separación. Posteriormente se drena el agua, se filtra, se da paso a la torre de enfriamiento y se evacúa.

1.3.4 Zona de Filtración. Cuando se observa demasiado lodo en el tanque de flotación se coloca en marcha el raspador de lodos. Se llena el depósito de los lodos, se decanta el agua del compartimiento de lodos, se bombea los lodos al tanque espesador de lodos, cuando este tanque se llena se inicia la alimentación del filtro prensa.

El filtro prensa se utiliza en la deshidratación de los lodos para recuperar los productos líquidos y reducir el volumen de los lodos. El filtro consta de 25 placas cada una con su respectiva lona en tela de 90 x 90 cm para retener la humedad que presenta el lodo. Antes de iniciar la alimentación al filtro, este se cierra a una presión entre 3000 - 4000 psi garantizando una buena retención de lodo, posteriormente se inicia la alimentación al filtro a una presión entre 50 - 60 psi, una vez llenas las placas se inicia el soplado del lodo con una presión de 60 psi. Después de transcurrir entre 60 - 90 minutos de soplado, se abre el filtro y se descarga el lodo en una lona de plástico. El producto líquido obtenido del proceso de filtración se descarga al tanque de recuperado el cual se utiliza para la preparación de coagulante reduciendo la concentración de la preparación.

Todo lo anterior se observa en el diagrama de flujo del procedimiento para el manejo de la PTAR mostrado en las Figuras 7, 8, 9 y 10.

**Figura 7.** Diagrama de proceso de la PTAR (procedimiento 1)



**Figura 8.** Diagrama de proceso de la PTAR (procedimiento 2)

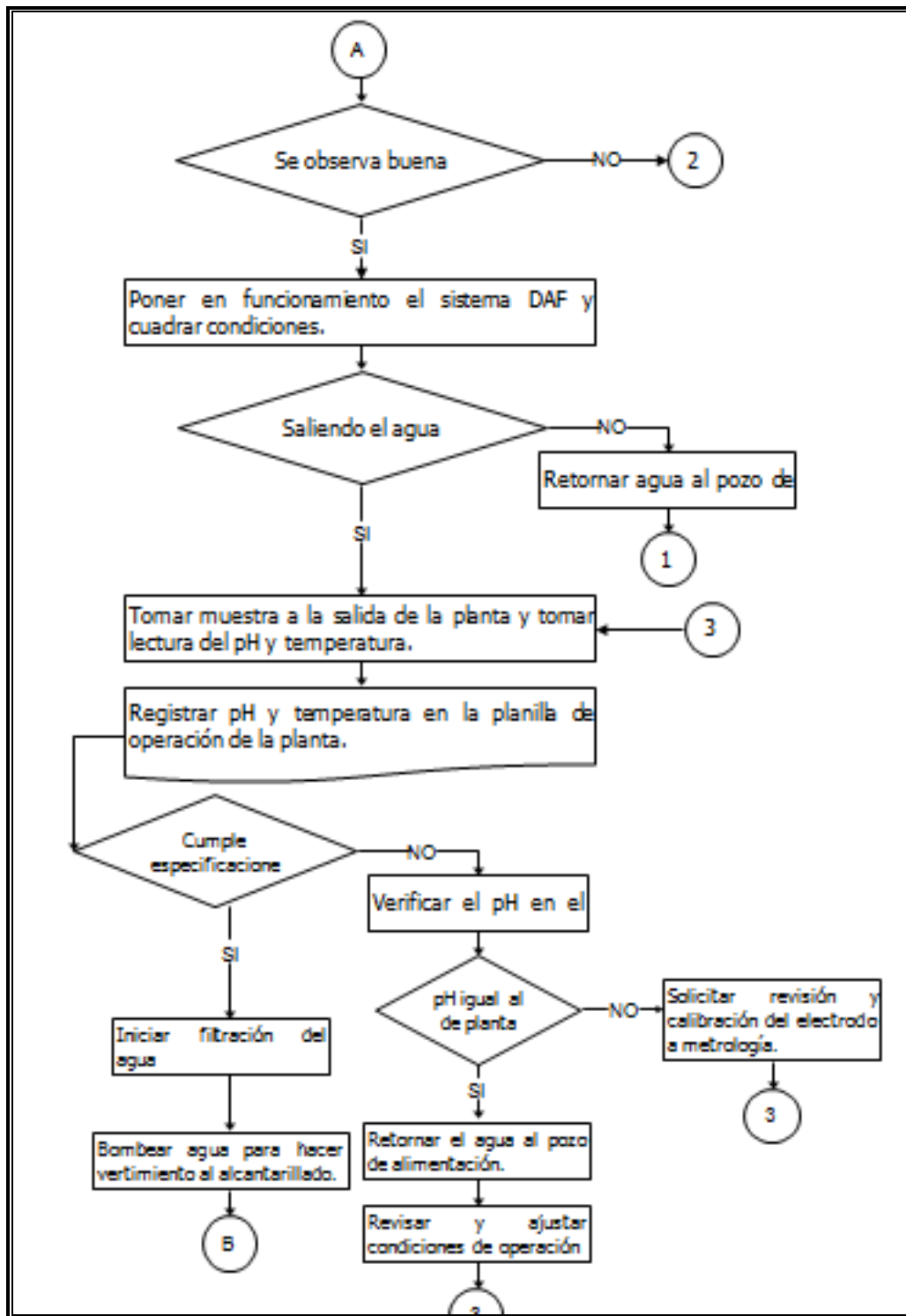


Figura 9. Diagrama de proceso de la PTAR (procedimiento 3)

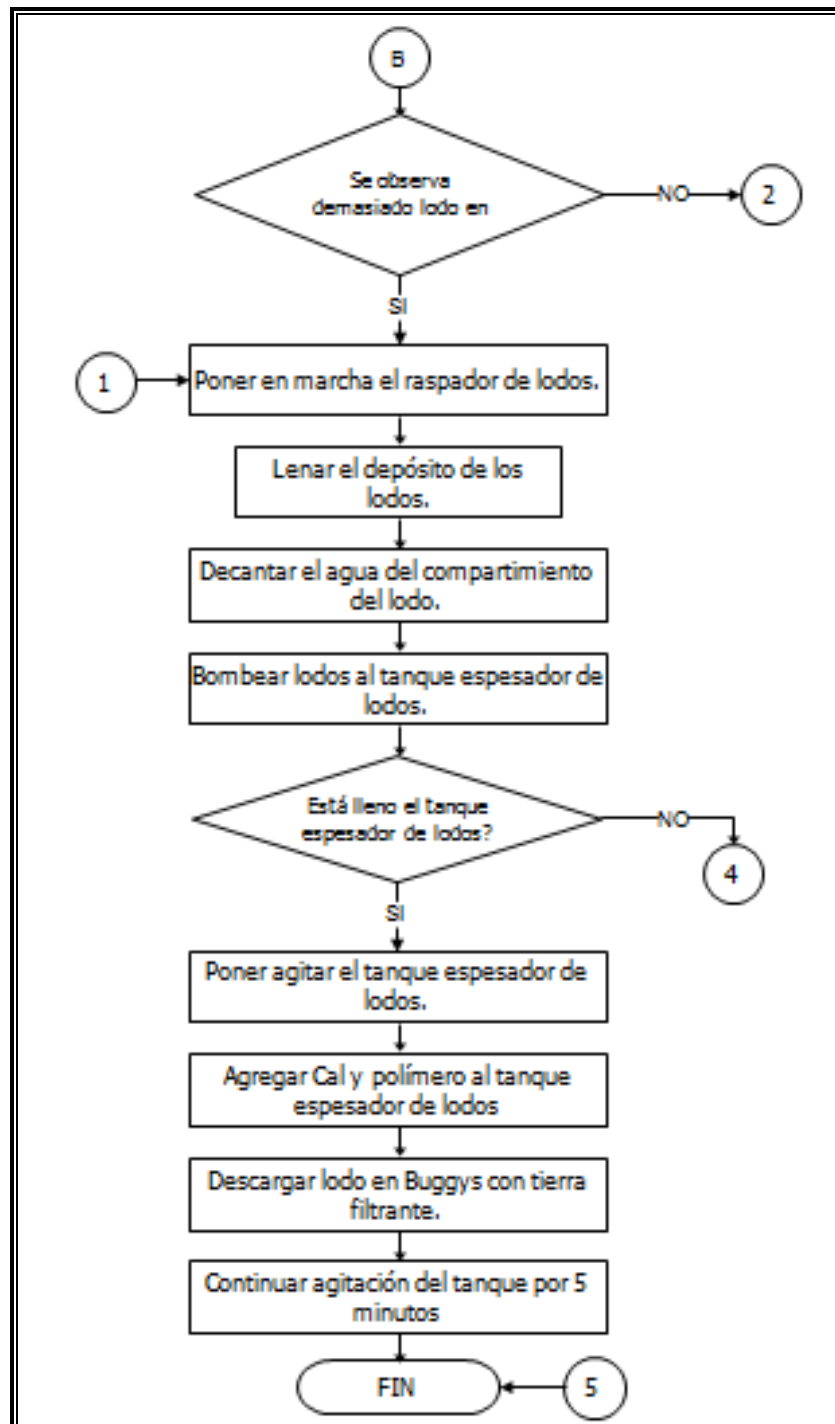
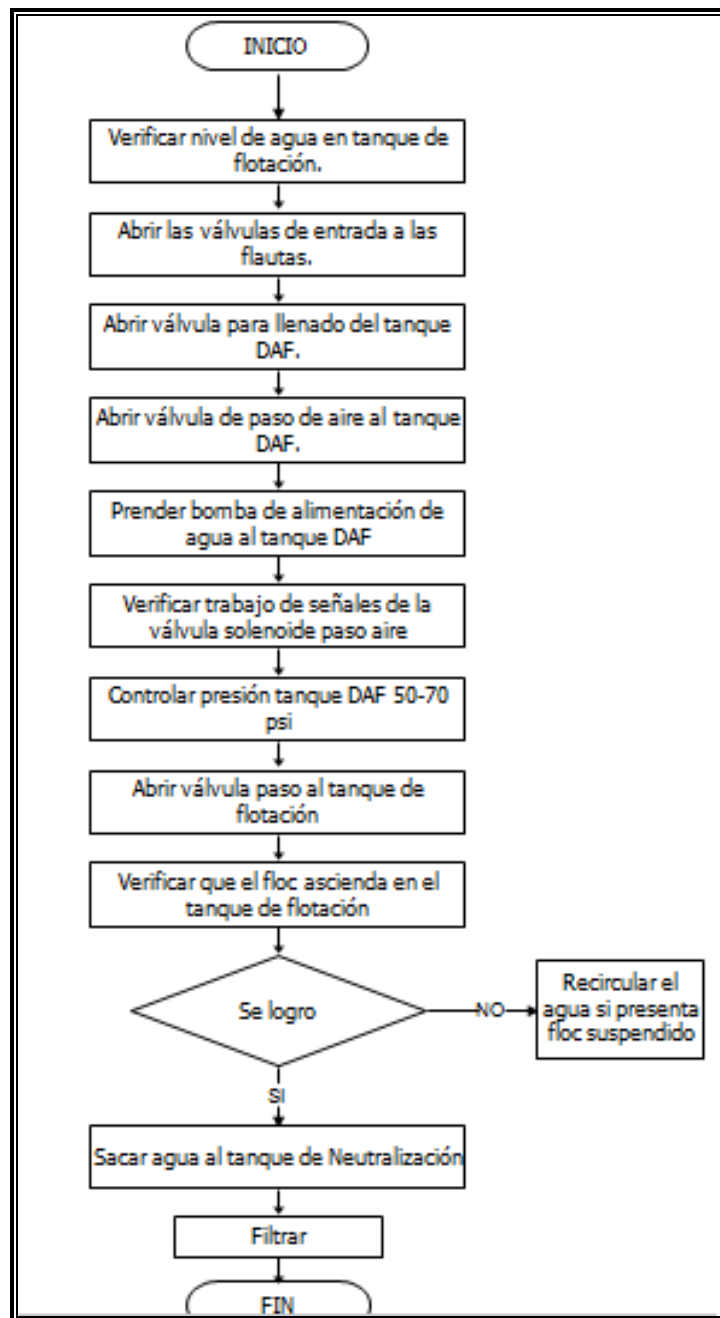


Figura 10. Diagrama de proceso del tanque de flotación.



#### 1.4 MARCO NORMATIVO

El decreto 1594 de 1984 sobre los usos del agua y residuos líquidos establece las normas para poder verter a un cuerpo de agua o al alcantarillado público estableciendo unos porcentajes de remoción. Actualmente el decreto 3930 de 2010, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la *Ley 9ª de 1979*, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del *Decreto-ley 2811 de 1974* en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones, como se cita en el artículo 79, el presente decreto rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las disposiciones que le sean contrarias, en especial los artículos 193, 213 a 217 y 231 del *Decreto 1541 de 1978* y el *Decreto 1594 de 1984*, salvo los artículos 20 y 21.

Para cumplir con la normatividad exigida en cuanto a los usos del agua y residuos líquidos Team Foods Colombia SA planta Bogotá DC implementó en el año 1992 la planta de tratamiento de aguas residuales. Con la PTAR se cumplía con los parámetros exigidos en la resolución 1074 de 1997 por la cual se establecen los estándares ambientales en materia de vertimientos, y se le han hecho algunas modificaciones para cumplir con normatividad actual como la resolución 3957 de 2009 en la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito capital. Entre estas dos resoluciones hubo cambios significativos a los cuales se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Parámetros de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el distrito capital

PARÁMETROS	RESOLUCIÓN 1074	RESOLUCIÓN 3957
COLOR (Pt-Co)	---	50 Unidades en dilución 1/20
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1000	800
DQO (mg/L)	2000	1500
GRASAS Y ACEITES (mg/L)	100	100
pH	5.0-9.0	5.0-9.0
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/L)	2	2
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)	800	600
TEMPERATURA (°C)	<30	30
TENSOACTIVOS (SAAM) (mg/L)	0.5	10

La planta de tratamiento de residuos líquidos industriales tiene como objetivo garantizar que las aguas servidas descargadas al alcantarillado de Bogotá cumplan con los requisitos exigidos por la legislación ambiental actual local y nacional, y otras disposiciones solicitadas por la Secretaría Distrital de Ambiente.

### 1.5 NIVEL DE COMPLEJIDAD

Se presenta una equivalencia de los kilogramos de procesados de margarina con la carga contaminante por habitante día y se define el nivel de complejidad según el RAS para poblaciones<sup>2</sup>. Según análisis fisicoquímicos el agua que entra a la PTAR presenta un DBO promedio de 2048 mgDBO/L, además tratando en promedio 91,7m<sup>3</sup>/día de agua residual, y teniendo que si por 2 kg de margarina procesada hay un equivalente por habitante entre 45 y 55 gDBO/hab\*día, y si se

<sup>2</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO Documentación Técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá DC: El Ministerio, 2000.

produce en promedio 2.075.089 kg/día de margarina, tomando un promedio de carga contaminante de 50 gDBO/hab\*día, entonces se tiene:

$$2048 \frac{mgDBO}{L} * \frac{1gDBO}{1000mgDBO} * \frac{91,7m^3}{dia} * \frac{1000L}{1m^3} = 187802 \frac{gDBO}{dia}$$

$$2075089kg * \frac{50 \frac{gDBO}{hab * dia}}{2kg} = 51877225 \frac{gDBO}{hab * dia}$$

$$2075089 * \frac{187802 \frac{gDBO}{dia}}{51877225 \frac{gDBO}{hab * dia}} = 7512 \text{ habitantes}$$

Es decir que actualmente las aguas residuales de la empresa equivalen a lo que produciría una población de 7512 habitantes. Analizando el crecimiento de la producción a través del tiempo se tiene un porcentaje de crecimiento de más o menos de 3,4% y tomando una producción por año en promedio de 747195 toneladas y una producción de agua residual de 0,5406 m<sup>3</sup>/ton\*año, proyectando a 20 años, se tiene:

$$produccion_{PROYECTADA} = 747.195ton * (0,034 + 1)^{20} = 1.460.591ton$$

$$produccion_{PROYECTADA} = 0.5406 \frac{m^3}{ton * año} * (0,034 + 1)^{20} = 1,1 \frac{m^3}{ton * año}$$

El agua procesada en 20 años será de 1543522 m<sup>3</sup>/año, teniendo que el agua que entra a la PTAR presenta un DBO promedio de 2048 mgDBO/L, tomando un promedio de carga contaminante de 50 gDBO/hab\*día, entonces:

$$2048 \frac{mgDBO}{L} * \frac{1gDBO}{1000mgDBO} * \frac{1543522m^3}{año} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{1año}{12meses} * \frac{1mes}{30dias} = 8780925 \frac{gDBO}{dia}$$

$$1460591000 \frac{kg}{año} * \frac{1año}{12mes} * \frac{1mes}{30dias} = 4057197 \frac{kg}{dia}$$

$$4057197kg * \frac{50 \frac{gDBO}{hab * dia}}{2kg} = 101429925 \frac{gDBO}{hab * dia}$$

$$4057197 * \frac{8780925 \frac{gDBO}{dia}}{101429925 \frac{gDBO}{hab * dia}} = 351237 \text{ habitantes}$$

Es decir que dentro de 20 años las aguas residuales de la empresa equivaldrán a lo que produciría una población de 351237 habitantes, además teniendo en cuenta la Tabla 5 (Tabla A.3.1 de la documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico, ver Anexo D), se tiene que actualmente el nivel de complejidad de la empresa es medio, pero dentro de 20 años el nivel de complejidad será alto.

**Tabla 5.** Asignación del nivel de complejidad<sup>3</sup>

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Población en la zona urbana (habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los usuarios</b>
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

<sup>3</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO Documentación Técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá DC: El Ministerio, 2000.

## 2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

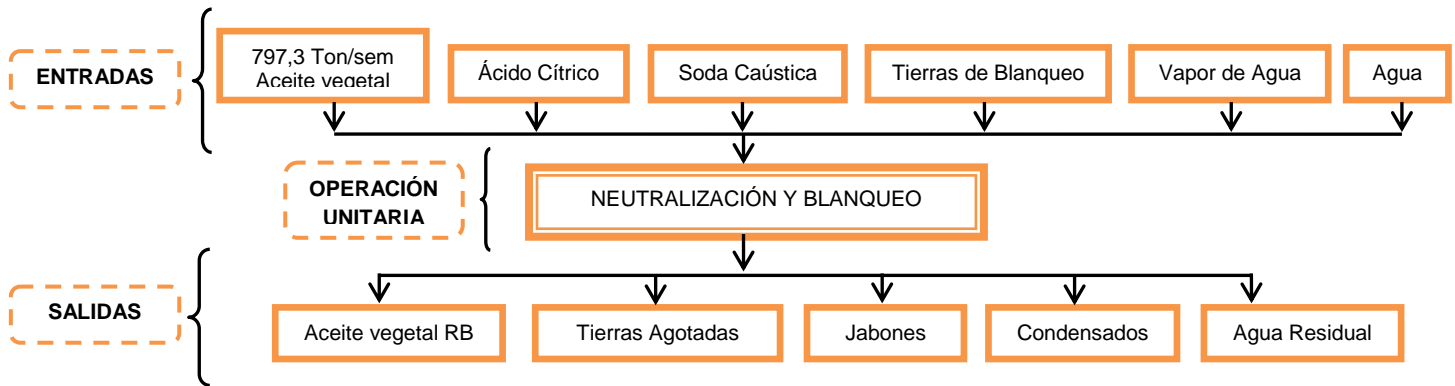
Es de vital importancia el conocimiento del proceso de producción, luego realizar la caracterización de los efluentes y encontrar los puntos críticos en donde se tiene que realizar y proponer un tratamiento específico que ataque el problema.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

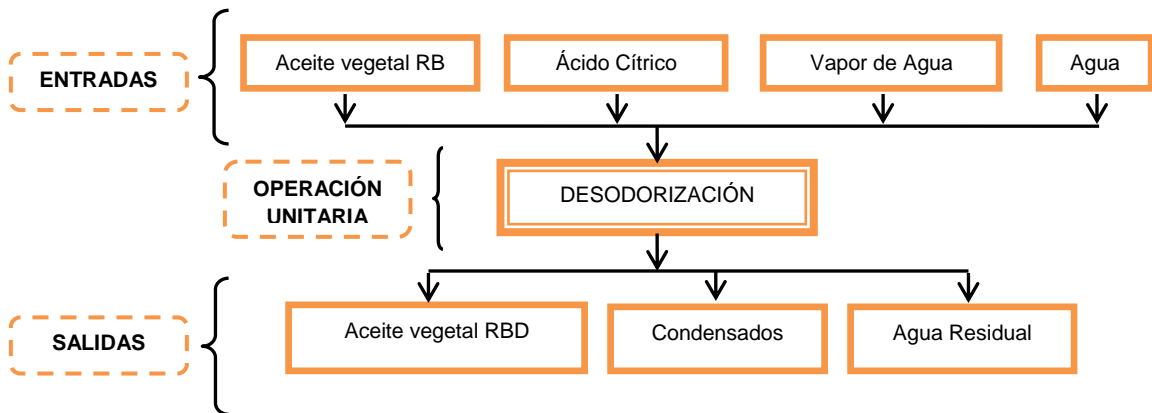
2.1.1 Recepción de materia prima. Para empezar el proceso se recibe aceite crudo de palma y palmiste. En este proceso se utiliza agua para el lavado de pisos del área de descarga donde llegan los carrotanques pues en el proceso de descarga se producen regueros de los aceites crudos.

2.1.2 Refinación. El aceite de palmiste crudo se lleva a fraccionamiento donde se separa la oleína y la estearina. En la refinería se reciben los aceites crudos provenientes de la recepción de las materias primas y también los provenientes del fraccionamiento, en este proceso reciben un tratamiento para remover el color, el sabor, los ácidos grasos, la clorofila y los componentes indeseables. Luego del proceso de refinación son almacenados para pasar a otro proceso o ser cargados a granel, las entradas y las salidas de este proceso se observan en las Figuras 11 y 12.

**Figura 11.** Entradas y salidas del proceso de neutralización y blanqueo



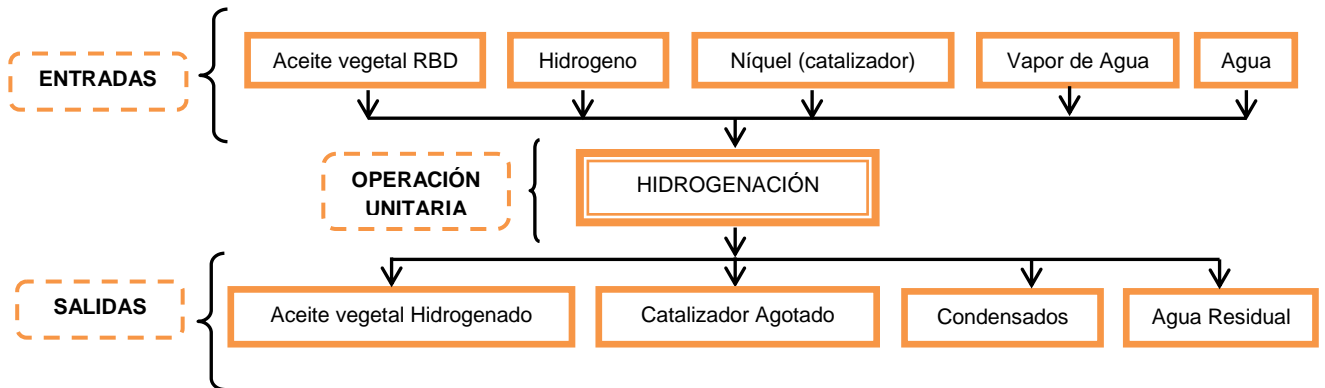
**Figura 12.** Entradas y salidas del proceso de desodorización



Cabe aclarar que existen dos refinerías, la refinería N°1 recibe el aceite de palma y palmiste crudo, y la refinería N°2 recibe el aceite proveniente del fraccionamiento y de la interestificación.

2.1.3 Hidrogenación. Es un cambio químico que se realiza a nivel molecular para producir modificaciones que tienen como objetivo estabilizar los aceites y proveer la consistencia adecuada a las materias grasas para su aplicación final. En este se adiciona en forma directa hidrogeno con la ayuda de un catalizador de níquel, las entradas y las salidas de este proceso se muestran en la Figura 13.

**Figura 13.** Entradas y salidas del proceso de Hidrogenación



2.1.4 Margarinas. En esta etapa se les adiciona micro ingredientes a las grasas y se pasan por procesos fisicoquímicos y mecánicos, para finalmente pasar al empaque donde se almacenan en bodegas para mantener sus características.

En este proceso se utiliza el agua tanto para la realización del producto como para el lavado de tanques que almacenan calcio, suero y leche; ingredientes del producto final.

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES

Después de conocer el proceso fabril de la empresa, es necesario conocer las condiciones de salida de cada residuo líquido en cada etapa del proceso. Los puntos analizados fueron cinco los cuales son: punto 1 Recepción de materia prima, punto 2 Refinería N°2, punto 3 Refinería N°1, punto 4 Hidrogenación y punto 5 Margarinas.

En cada punto mencionado se realizó un muestreo simple (este tipo de muestra sólo representan la composición del agua para un tiempo y lugar específicos), y se mandaron dichas muestras a Quimicontrol Ltda, un laboratorio especializado en servicios analíticos ambientales y acreditado actualmente ante el IDEAM, bajo la Norma NTC ISO/IEC 17025:2005 en las matrices de agua, fuentes fijas y calidad

de aire; en donde fueron analizados los parámetros de la Tabla B de la resolución 3957 de 2009 y además de esto se incluyó el análisis del parámetro de fenoles. En el Anexo A se encuentra con más detalle el informe presentado por el Laboratorio y en la Tabla 6 se encuentran los resultados de los análisis de los parámetros analizados de cada punto.

**Tabla 6.** Resultados de los análisis de laboratorio

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO ANÁLISIS	RESULTADO				
			PUNTO 1 (Recepción materias primas)	PUNTO 2 (Refinería N° 2)	PUNTO 3 (Refinería N°1)	PUNTO 4 (Hidrogenación)	PUNTO 5 (Margarinas)
DQO total	mg O <sub>2</sub> /L	Reflujo abierto	1278	2076	2789	865	3150
DBO <sub>5</sub> total	mg O <sub>2</sub> /L	Incubación 5 d	1120	1216	1824	661	1760
Temperatura	°C	Electrométrico	25,4	68,8	30,7	29	25,8
pH	Unidad	Electrométrico	6,18	7,30	10,28	11	5,34
Tensoactivos	mg/L	SAAM	3,0	0,57	0,13	3,4	1,04
Grasas y aceites	mg/L	Extracción Soxhlet	1638	667	292	1347	212319
Color verdadero, dilución 1/20	UPC	Discos comparativos	15	20	50	20	15
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	Gravimetría	361	425	93	334	6517
Sólidos Sedimentables	ml/L	Sedimentación	0,3	< 0,2	< 0,2	1	15
Fenoles totales	mg/L	Extracción cloroformo	0,48	1,1	12	0,39	1,4

Los caudales de cada efluente, en un día normal de producción se muestran en la Tabla 7, los cuales suman en total 120 m<sup>3</sup>/día, y en general se tiene un caudal igual en los procesos de recepción de materia prima, refinería N°1 y 2 e hidrogenación.

**Tabla 7.** Caudales de los efluentes en un día normal de producción

Puntos Unidad (m <sup>3</sup> /día)	MATERIA PRIMA	REFINERIA 2	REFINERIA 1	HIDROGENACIÓN	MARGARINERIA
CAUDAL (m <sup>3</sup> /día)	25	25	25	25	20
CAUDAL TOTAL (m <sup>3</sup> /día)	120				

Luego de obtener estos análisis, es necesario realizar un análisis por cada parámetro y por cada punto, para determinar los puntos críticos en todo el proceso.

### 2.3 PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO FABRIL

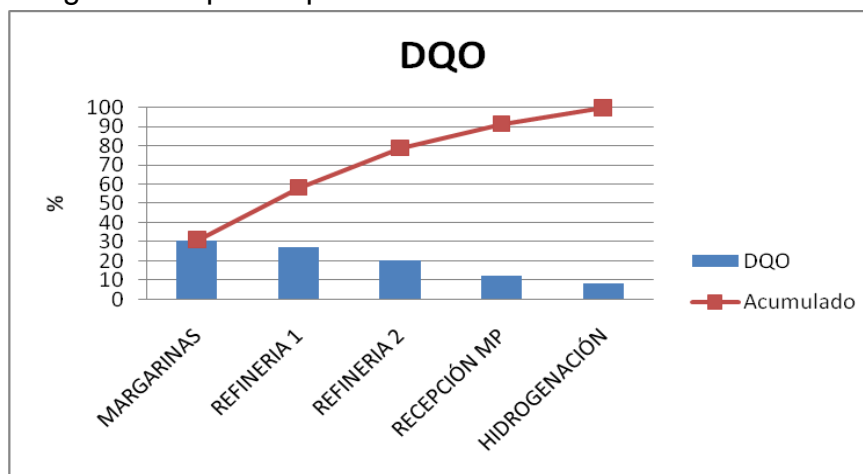
Para determinar los puntos críticos del proceso productivo de la empresa, y conocer los efluentes de los procesos que hay que atacar, es necesario realizar un análisis de cada punto por cada parámetro. Para esto se utiliza el método de los diagramas de Pareto, los cuales son una representación grafica de los datos obtenidos sobre un problema y ayudan a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar, se fundamentan en la consideración de un pequeño porcentaje de las causas el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%, entonces hay que identificar ese pequeño porcentaje de causas vitales para actuar prioritariamente sobre estas. Para realizar el diagrama de Pareto en primer lugar se determina el problema a estudiar, en este caso se escoge los parámetros analizados tal como el DQO, DBO<sub>5</sub>, Tensoactivos, Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Fenoles y Temperatura de cada punto de muestreo, es decir de los efluentes de recepción de materias primas (punto1), refinería N°2 (punto 2), refinería N°1 (punto 3), hidrogenación (punto 4) y margarinas (punto 5), luego de esto se ordenan los datos de mayor a menor, tal como se observa en cada tabla de datos para el diagrama de pareto, en donde aparece en primer lugar el parámetro de mayor magnitud y en último lugar el de menor magnitud, después se suman las cantidades de cada punto obteniendo un total para luego calcular el porcentaje que representa cada punto y enseguida se calcula el porcentaje acumulado, para luego ser representados en un diagrama de barras, en donde se puede observar los puntos prioritarios a los cuales se les tiene que dar tratamiento.

El primer parámetro analizado es el DQO, en donde el 80% de los efectos son causados por margarinas y las refinerías N°1 y 2, tal como se evidencia en la Figura 14.

**Tabla 8.** Datos del parámetro DQO para el diagrama de pareto

DQO				
	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)		PONDERADO	ACUMULADO
Punto 5	3150	MARGARINAS	31,01	31,01
Punto 3	2789	REFINERIA 1	27,46	58,47
Punto 2	2076	REFINERIA 2	20,44	78,90
Punto 1	1278	RECEPCIÓN MP	12,58	91,48
Punto 4	865	HIDROGENACIÓN	8,52	100,00
TOTAL	10158			

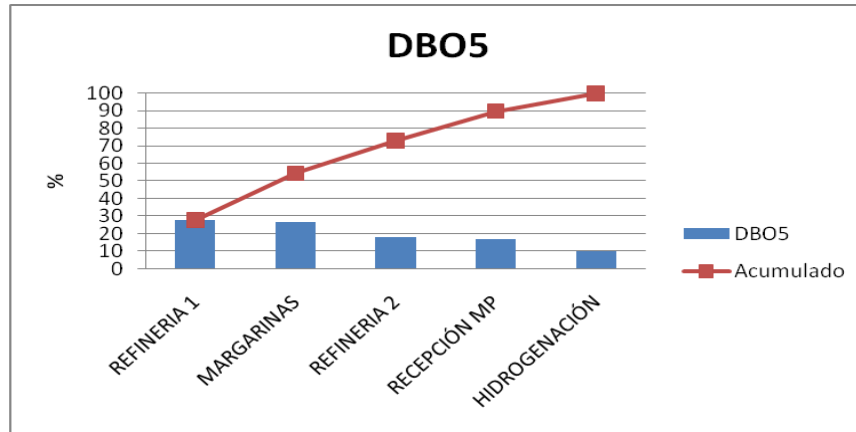
**Figura 14.** Diagrama de pareto para el DQO



**Tabla 9.** Datos del parámetro DBO<sub>5</sub> para el diagrama de pareto

DBO <sub>5</sub>				
	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)		PONDERADO	ACUMULADO
Punto 3	1824	REFINERIA 1	27,72	27,72
Punto 5	1760	MARGARINAS	26,74	54,46
Punto 2	1216	REFINERIA 2	18,48	72,94
Punto 1	1120	RECEPCIÓN MP	17,02	89,96
Punto 4	661	HIDROGENACIÓN	10,04	100,00
TOTAL	6581			

**Figura 15.** Diagrama de pareto para el DBO<sub>5</sub>

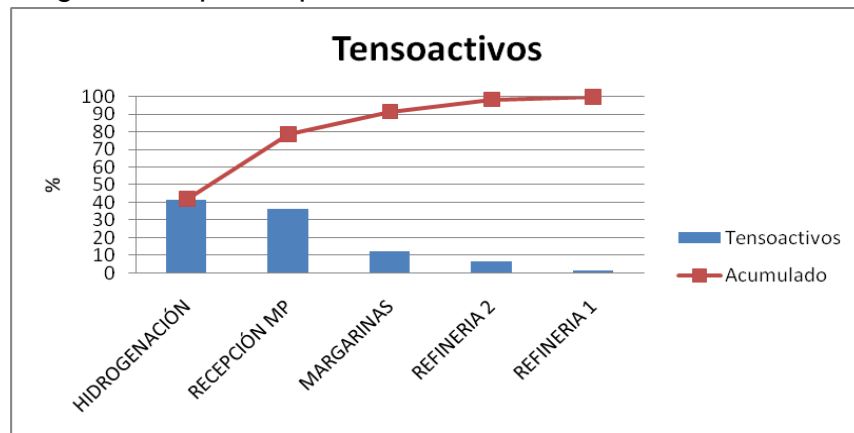


El segundo parámetro analizado es el DBO<sub>5</sub>, en donde el 80% de los problemas son causados por la refinería N°1, margarinas y refinería N°2, tal como se muestra en la Figura 15.

**Tabla 10.** Datos del parámetro de Tensoactivos para el diagrama de pareto

TENSOACTIVOS				
TENSOACTIVOS (mg/L)			PONDERADO	ACUMULADO
Punto 4	3,4	HIDROGENACIÓN	41,77	41,77
Punto 1	3,0	RECEPCIÓN MP	36,86	78,62
Punto 5	1,04	MARGARINAS	12,78	91,40
Punto 2	0,57	REFINERÍA 2	7,00	98,40
Punto 3	0,13	REFINERÍA 1	1,59	100
TOTAL	8,14			

**Figura 16.** Diagrama de pareto para los Tensoactivos



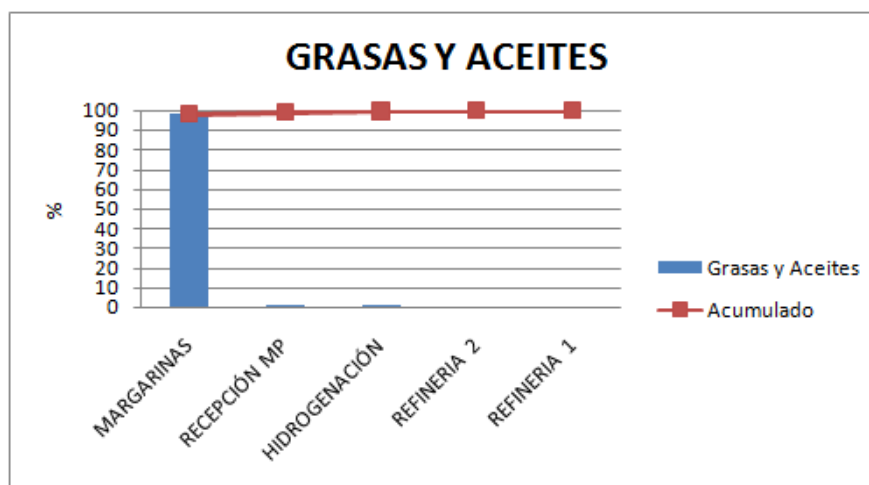
El tercer parámetro analizado son los Tensoactivos, en donde el 80% de los efectos son causados por hidrogenación, recepción de materias primas y margarinas, tal como se observa en la Figura 16.

El cuarto parámetro analizado es Grasas y Aceites, en donde el 80% de los problemas son causados por margarinas, recepción de materias primas e hidrogenación, tal como se observa en la Figura 17.

**Tabla 11.** Datos del parámetro Grasas y Aceites para el diagrama de pareto

GRASAS Y ACEITES				
	GRASAS Y ACEITES (mg/L)		PONDERADO	ACUMULADO
Punto 5	212319	MARGARINAS	98,18	98,18
Punto 1	1638	RECEPCIÓN MP	0,76	98,93
Punto 4	1347	HIDROGENACIÓN	0,62	99,56
Punto 2	667	REFINERIA 2	0,31	99,86
Punto 3	292	REFINERIA 1	0,14	100,00
TOTAL	216263			

**Figura 17.** Diagrama de pareto para las Grasas y Aceites

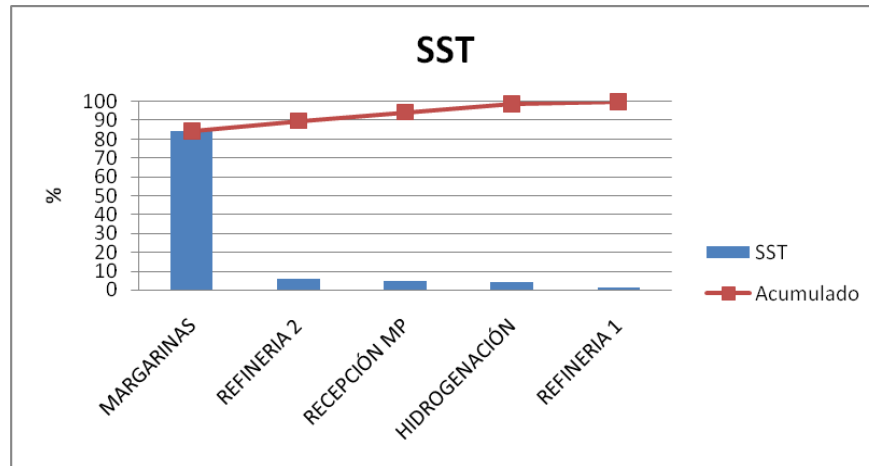


El quinto parámetro analizado es Sólidos Suspendidos Totales en donde se detectan que los puntos que hay que atacar son margarinas, refinería N°2 y recepción de materias primas, como se muestra en la Figura 18.

**Tabla 12.** Datos del parámetro Sólidos Suspendedos Totales para el diagrama de pareto

<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>				
	<b>SST (mg/L)</b>		<b>PONDERADO</b>	<b>ACUMULADO</b>
Punto 5	6517	MARGARINAS	84,31	84,31
Punto 2	425	REFINERIA 2	5,50	89,81
Punto 1	361	RECEPCIÓN MP	4,67	94,48
Punto 4	334	HIDROGENACIÓN	4,32	98,80
Punto 3	93	REFINERIA 1	1,20	100,00
TOTAL	7730			

**Figura 18.** Diagrama de pareto para los Sólidos Suspendedos Totales

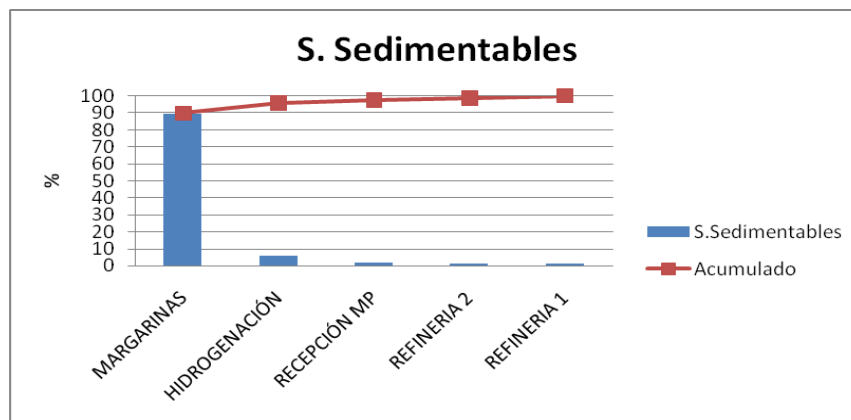


**Tabla 13.** Datos del parámetro Sólidos Sedimentables para el diagrama de pareto

<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES</b>				
	<b>S. SEDIMENTABLES (mg/L)</b>		<b>PONDERADO</b>	<b>ACUMULADO</b>
Punto 5	15	MARGARINAS	89,82	89,82
Punto 4	1	HIDROGENACIÓN	5,99	95,81
Punto 1	0,3	RECEPCIÓN MP	1,80	97,60
Punto 2	0,2	REFINERIA 2	1,20	98,80
Punto 3	0,2	REFINERIA 1	1,20	100,00
TOTAL	16,7			

El sexto parámetro analizado es Sólidos Sedimentables en donde el 80% de los problemas son causados por margarinas, hidrogenación y recepción de materias primas, tal como se ve en la Figura 19.

**Figura 19.** Diagrama de Pareto para los Sólidos Sedimentables

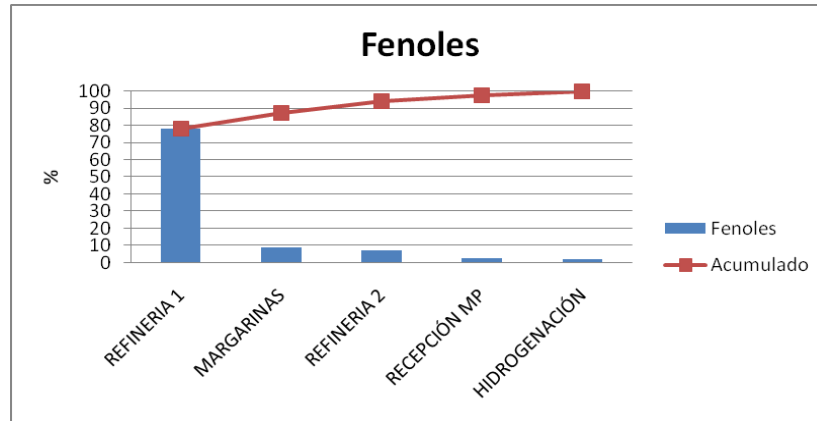


El séptimo parámetro analizado es Fenoles en donde los puntos que hay que atacar son refinería N°1, margarinas y refinería N°2, como se observa en la Figura 20.

**Tabla 14.** Datos del parámetro Fenoles para el diagrama de Pareto

FENOLES				
FENOLES (mg/L)			PONDERADO	ACUMULADO
Punto 3	12	REFINERÍA 1	78,07	78,07
Punto 5	1,4	MARGARINAS	9,11	87,18
Punto 2	1,1	REFINERÍA 2	7,16	94,34
Punto 1	0,48	RECEPCIÓN MP	3,12	97,46
Punto 4	1,39	HIDROGENACIÓN	2,54	100,00
TOTAL	15,37			

**Figura 20.** Diagrama de pareto para los Fenoles

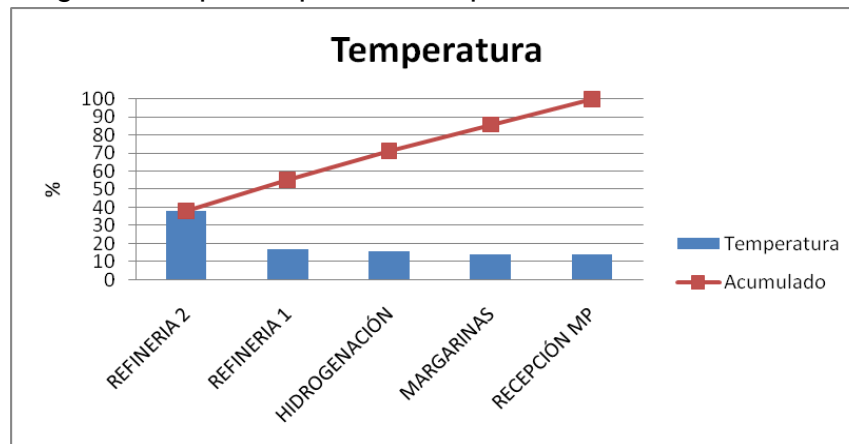


Y por último, octavo parámetro analizado es la Temperatura donde el 80% de los problemas son causados por la refinería N°2 y 1, tal como se muestra en la Figura 21.

**Tabla 15.** Datos del parámetro Temperatura para el diagrama de pareto

TEMPERATURA				
	TEMPERATURA °C		PONDERADO	ACUMULADO
Punto 2	68,8	REFINERIA 2	38,286032	38,286032
Punto 3	30,7	REFINERIA 1	17,084029	55,370061
Punto 4	29	HIDROGENACIÓN	16,138008	71,508069
Punto 5	25,8	MARGARINAS	14,357262	85,865331
Punto 1	25,4	RECEPCIÓN MP	14,134669	100
TOTAL	179,7			

**Figura 21.** Diagrama de pareto para la Temperatura



Se resumen los puntos críticos encontrados por cada parámetro en la Tabla 16.

**Tabla 16. Puntos Críticos**

Parámetro	Punto Crítico 1	Punto Crítico 2
DQO	Margarinas	Refinería N°1
DBO <sub>5</sub>	Refinería N°1	Margarinas
Tensoactivos	Hidrogenación	Recepción de MP
Grasas y aceites	Margarinas	Recepción de MP
Sólidos Suspendidos Totales	Margarinas	Refinería N°2
Sólidos Sedimentables	Margarinas	Hidrogenación
Fenoles	Refinería N°1	Margarinas
Temperatura	Refinería N°2	Refinería N°1

El punto 5, es decir margarinas fue seleccionado como punto crítico en seis ocasiones, el punto 3, es decir refinería N°1 fue seleccionado como punto crítico en cuatro ocasiones, y los siguientes puntos el 1, el 2 y el 4, es decir recepción de materias primas, refinería N°2 e hidrogenación se mencionan en dos ocasiones cada uno. Lo anterior lleva a deducir que los puntos que hay que atacar, pues causan la mayor dificultad en el tratamiento son Margarinas y la Refinería N°1, teniendo en cuenta parámetros de peso como los son el DQO, la DBO<sub>5</sub> y los fenoles se incluye un tercer punto crítico el cual es Refinería N°2, debido a que este punto fue el tercer punto crítico en cada uno de estos parámetros, tal como se observa en las Figuras 14, 15 y 20.

Los efluentes de Margarinas presentan una gran contaminación, debido a que en esta etapa de proceso se realizan lavados de desinfección a los tanques y tuberías tres veces en el día, semanalmente y antes de cada preparación, teniendo residuos de grasa, leche, suero, calcio y de las sustancias usadas en el lavado. En cuanto a la Refinería N°1 y 2 se tienen los residuos de la refinación es decir ácidos grasos, lo que hace que el efluente que sale de allí tenga problemas con el parámetro de los fenoles, DQO, DBO, Grasas y Aceites y la temperatura.

## 2.4 DETERMINANTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de tratamiento de los efluentes de la empresa se encuentra supeditado por requerimientos normativos, en este caso se habla de la Resolución 3957 del 2009 en donde se exige que los efluentes que se viertan a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital deben cumplir con los valores de referencia que se muestran en la Tabla 17.

De la misma manera se encuentran los requerimientos de área para la implementación de la propuesta, pues hay tecnologías que requieren áreas extensas para su implementación, y en este caso no se cuenta con grandes áreas. Se tienen los requerimientos técnicos en donde se necesitaran equipos, insumos, procedimientos y manuales para su manejo, personal operativo. También los requerimientos de prospección, es decir si se tiene alguna opción de volver a usar el efluente para alguna actividad, ya sea lavado de pisos u otra, o el aprovechamiento de algún subproducto generado, ya sea comercializándolo o volviéndolo a usar en el proceso o alguna actividad.

**Tabla 17.** Tabla B de valores de referencia para los vertimientos realizados a la red de alcantarillado<sup>4</sup>

Parámetro	Unidades	Valor
Color	Unidades Pt-co	50 unidades en dilución 1/20
DBO <sub>5</sub>	mg/L	800
DQO	mg/L	1500
Grasas y Aceites	mg/L	100
pH	Unidades	5,0 – 9,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	600
Temperatura	°C	30
Tensoactivos (SAAM)	mg/L	10

<sup>4</sup> COLOMBIA, ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ. Resolución 3957 (2009). Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital. Bogotá DC: Secretaria Distrital de Ambiente, 2009.

### 3. ALTERNATIVAS DE RENOVACIÓN TECNOLÓGICA

Para la determinación del tipo proceso de tratamiento (físico, químico o biológico) se tienen dos mecanismos:

- Propuesta Degremont: en donde se tiene que si la relación del DQO sobre el  $DBO_5$  es mayor o igual a tres, el tratamiento puede ser fisicoquímico más biológico, y si la relación del DQO sobre el  $DBO_5$  es menor a tres el tratamiento puede ser físico más biológico.

$$\frac{DQO}{DBO_5} \geq 3 \quad \text{el tratamiento puede ser físico-químico + biológico}$$

$$\frac{DQO}{DBO_5} < 3 \quad \text{el tratamiento puede ser físico + biológico}$$

Para el caso de la empresa se tienen las relaciones en la Tabla 18, según la propuesta Degremont, siendo los valores en cada punto tomados menores que tres, por lo tanto esta propuesta diría que se usara en todos un tratamiento físico más biológico.

**Tabla 18.** Valores de la relación DQO/ $DBO_5$

Propuesta Degremont				
(DQO/ $DBO_5$ ) P1	(DQO/ $DBO_5$ ) P2	(DQO/ $DBO_5$ ) P3	(DQO/ $DBO_5$ ) P4	(DQO/ $DBO_5$ ) P5
1,141	1,707	1,529	1,309	1,789

- Guía A.R.D. del Ministerio de Ambiente: en la cual se menciona que si la relación DBO sobre DQO es mayor a 0,5 el tratamiento puede ser biológico.

$$\frac{DBO_5}{DQO} > 0.5 \quad \text{el tratamiento puede ser biológico}$$

Para el caso de la empresa se tienen las relaciones en la Tabla 19, según la guía A.R.D del Ministerio de Ambientes, siendo que en todos los puntos esta relación dio mayor a 0.5, luego se puede utilizar el tratamiento biológico.

**Tabla 19.** Valores de la relación  $DBO_5/DQO$

Guía A.R.D. del Ministerio de Ambiente				
( $DBO_5/DQO$ ) P1	( $DBO_5/DQO$ ) P2	( $DBO_5/DQO$ ) P3	( $DBO_5/DQO$ ) P4	( $DBO_5/DQO$ ) P5
0,876	0,586	0,654	0,7642	0,559

Luego de la anterior introducción, es necesario tener en cuenta los aspectos e impactos ambientales derivados del proceso productivo de la empresa, en primer lugar se tiene que un aspecto son las interacciones que se tienen con el ambiente en las actividades de una organización, y los impactos son los cambios que se tengan en el ambiente, sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de la organización, es decir que los aspectos son las causas y los impactos los efectos, para el caso de la empresa se describen estos aspectos e impactos (ver Tabla 21), teniendo en cuenta los aspectos e impactos al inicio del proceso y al final de este.

Es necesario conocer los caudales promedios generados en un día normal de producción los cuales son enunciados por cada punto en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Caudales de los efluentes en un día normal de producción

Puntos Unidad ( $m^3/día$ )	MATERIA PRIMA	REFINERIA 2	REFINERIA 1	HIDROGENACIÓN	MARGARINERIA
CAUDAL ( $m^3/día$ )	25	25	25	25	20
CAUDAL TOTAL ( $m^3/día$ )	120				

**Tabla 21. Aspectos e impactos ambientales**

Impactos	Aspectos	Entradas	Operaciones Unitarias	Salidas	Aspectos	Impactos
Disminución del recurso hídrico	Consumo de Agua	Agua tratada 25°C 25m <sup>3</sup> /día	Lavado de pisos de recibo de materia prima	Agua contaminada 25°C 25 m <sup>3</sup> /día	Generación de vertimientos	Contaminación y tratamiento del agua
Agotamiento de los recursos naturales	Consumo de Materias Primas	Grasa cruda por regueros 10kg/día		Grasa contaminada en trampa 9Kg/día	Generación de residuos	Contaminación y tratamiento de residuos
Agotamiento de los recursos naturales	Consumo de Químicos	Jabón liquido alcalino 10 Kg/día		Lodos en trampa 9 Kg/día	Generación de residuos	Contaminación y tratamiento de residuos
Agotamiento de los recursos naturales	Recepción de lodos	Lodos y arenas llantas automotores 10kg/día				
Disminución del recurso hídrico	Consumo de Agua	Agua de reposición 25°C 5 m <sup>3</sup> /día	Condensación de gases de la refinería No. 2	Agua contaminada a 70°C, pH 11 25 m <sup>3</sup> /día	Generación de Vertimientos	Contaminación y tratamiento del agua
		Soda Caústica 15°Baumé 10kg/día				
		Gases condensables del proceso de desodorización de aceites de procesos intermedios 160°C 20m <sup>3</sup> /día				
Disminución del recurso hídrico	Consumo de Agua	Agua de reposición 25°C 5 m <sup>3</sup> /día	Condensación de gases de la refinería No.1	Agua contaminada a 30°C, pH 11 25 m <sup>3</sup> /día	Generación de Vertimientos	Contaminación y tratamiento del agua
		Soda Caústica 15°Baumé 10kg/día				
		Gases condensables del proceso de desodorización de aceites crudos 160°C 20m <sup>3</sup> /día				
Disminución del recurso hídrico	Consumo de Agua	Agua de lavado 40°C 25 m <sup>3</sup> /día	Lavado de los reactores de Hidrogenación	Agua contaminada a 30°C 25 m <sup>3</sup> /día	Generación de Vertimientos	Contaminación y tratamiento del agua
		Grasa remanente en los tanques 20Kg/día		Grasa contaminada en las trampas 15 kg/día	Generación de Residuos	Contaminación y tratamiento de residuos
		Soda Caústica 15°Baumé 20 Kg/día				
Disminución del recurso hídrico	Consumo de Agua	Agua de lavado 40°C 20 m <sup>3</sup> /día	Lavado de los tanques y líneas de Margarinas	Agua contaminada a 30°C 20m <sup>3</sup> /día	Generación de Vertimientos	Contaminación y tratamiento del agua
		Grasa remanente en los tanques y líneas 50Kg/día		Grasa contaminada en las trampas 45 kg/día	Generación de Residuos	Contaminación y tratamiento de residuos
		Soda Caústica 15°Baumé 20 Kg/día				

Se describirán diferentes tecnologías teniendo en cuenta su aplicación para el tratamiento de aguas residuales con grasas y aceites y otros elementos residuales de la producción. En el capítulo 2 se determinaron dos puntos críticos, los cuales fueron Margarinas y Refinería N°1 y 2, teniendo en cuenta esto se propone un pretratamiento en los puntos críticos, y tratamientos generales para la unión de los demás efluentes y el efluente que salga del pretratamiento.

### 3.1 PRETATAMIENTO

3.1.1 Trampa de grasas. Esta cámara permite remover físicamente aquellas grasas y aceites libres, sin necesidad de incorporar producto químico alguno. Su implementación permite reducir los costos de tratamiento asociados a etapas posteriores, además las grasas removidas pueden ser recicladas al proceso de desdoblamiento de ácidos grasos. Las características de la trampa de grasas según guía de especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa, son<sup>5</sup>:

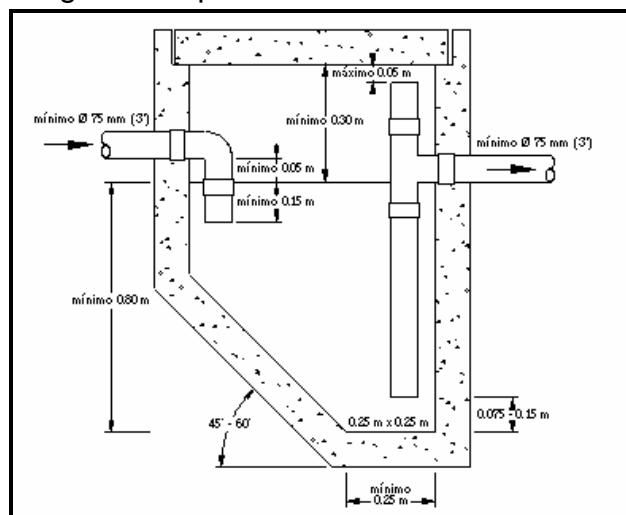
- La relación largo:ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.

---

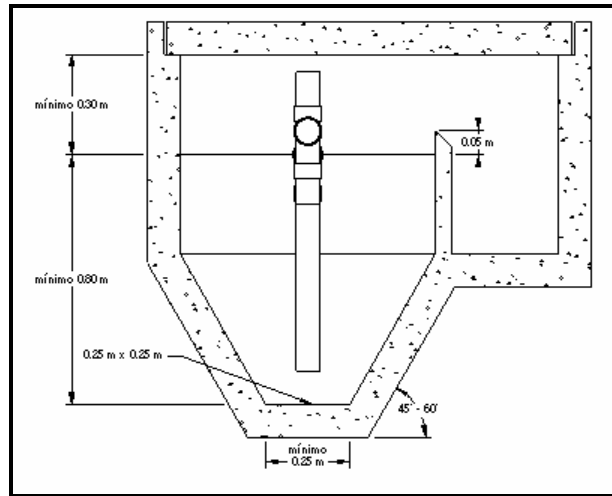
<sup>5</sup> UNIDAD DE APOYO TÉCNICO PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL. Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa. Lima: CEPIS, 2003.

- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- El espacio sobre el nivel del liquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.
- La trampa de grasa deberá ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0,25 x 0,25 m por lado o de 0,25 m de diámetro. Y el lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal (Figura 22).
- Se podrá aceptar diseños con un depósito adjunto para almacenamiento de grasas, cuando la capacidad total supere los 0,6 m<sup>3</sup> o donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 horas diarias.
- La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel de agua. El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa (Figura 23).

**Figura 22.** Trampa de grasa simple

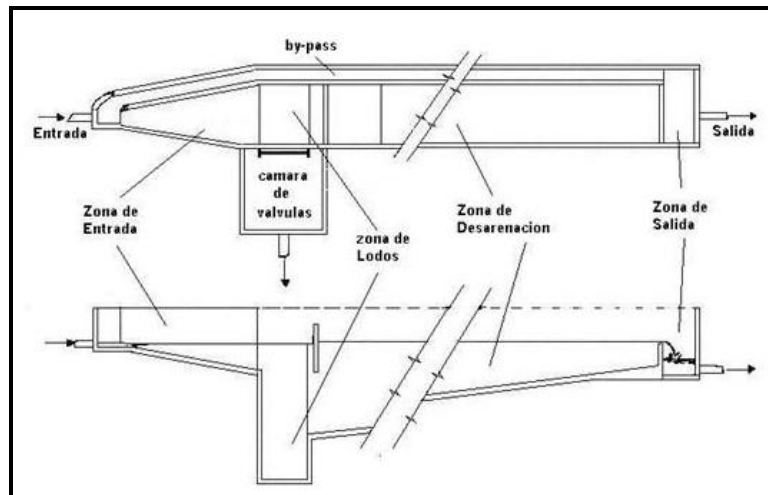


**Figura 23.** Trampa de grasa con depósito de acumulación de grasa



3.1.2 Desarenador. Está destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm<sup>6</sup>.

**Figura 24.** Desarenador



<sup>6</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima: CEPIS, 2005.

## 3.2 TRATAMIENTO QUÍMICO<sup>7</sup>

3.2.1 Desdoblamiento con vapor. Esta tecnología se basa en que a pH ácido (< 2.0) y alta temperatura se logra desdoblar los ácidos grasos, provocando la inmediata creación de dos fases, una fase líquida clarificada y una fase oleosa que se reprocessa. La ventaja de este sistema es que no se utilizan productos químicos como coagulantes, y se pueden reciclar los aceites y grasas en el proceso productivo. Su principal desventaja es el alto costo de inversión y la complejidad de su control.

3.2.2 Rompedor de emulsión. Son agentes surfactantes que interactúan en la interfase aceite/agua y tiene como función principal desestabilizar la acción de los agentes emulsionantes, reduciendo la tensión superficial y facilitando la separación de los sólidos. Para un buen rompimiento de emulsión se necesita un producto químico apropiado para remover el agente emulsionante, agitación adecuada para un buen contacto con la fase acuosa y producir la coalescencia y asentamiento para permitir la separación de las fases.

Para la selección de un desemulsificante se efectúan pruebas en botellas, reproduciendo las condiciones del sistema las cuales son: tiempo de retención, temperatura y dosificación. Las familias químicas de desemulsificantes son: resinas, sulfonatos, poliglicoles o polioles, esteres de resina, diepoxidos y elastómeros.

3.2.3 Coagulación. El objetivo de esta etapa es neutralizar el potencial z del efluente, con el fin de permitir la formación de coloides, los que darán paso a la formación de coágulos. Para efectuar la coagulación existen dos tecnologías, la

---

<sup>7</sup> COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE-REGION METROPOLITANA. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, Fabricación de grasas y aceites vegetales y subproductos. Santiago, 1998.

primera es la dosificación de una sal química coagulante, mientras que la segunda es electrocoagulación. Las grandes ventajas de la electrocoagulación son la menor generación de lodos, y el menor costo de operación. Adicionalmente los lodos presentan concentraciones de aluminio del orden de 3 mg/L, lo cual permite analizar usos alternativos que la coagulación química no tolera. La desventaja es la alta inversión en capital.

Los coagulantes son productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del efluente. Usualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

- Sales de  $\text{Fe}^{3+}$ : Pueden ser  $\text{Cl}_3\text{Fe}$  o  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- Sales de  $\text{Al}^{3+}$ : Suele ser  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- Polielectrolitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el costo es mucho mayor.

Para el diseño del coagulador se tiene en cuenta el gradiente de velocidad  $G$  (ver Tabla 22), el cual es el parámetro usado para medir la intensidad de agitación (mecánica o hidráulica) de la masa de agua durante el mezclado.

**Tabla 22.** Tiempo de gradiente de velocidad para mezcla rápida

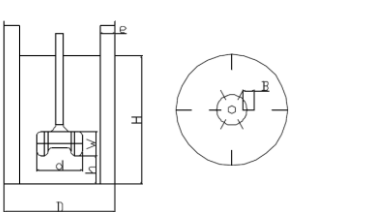
Tiempo de contacto s	G (s <sup>-1</sup> )
20	1000
30	900
40	790
>40	700

Para el diseño de mezcladores rápidos mecánicos el Insfopal recomienda los siguientes parámetros:

- Tiempo de retención = 10-90 s
- Número de Reynolds > 100000
- Velocidad tangencial de las paletas > 0.6 m 1.5
- Longitud de las paletas = 1/3 del ancho o diámetro del tanque
- "Para que la mezcla sea completa, el agua entrará por la parte inferior del tanque y saldrá por la parte superior. Para lograr la entrada por la parte inferior, en muchos casos será necesario colocar una pantalla a la entrada del mezclador".
- El mezclador debe tener desagües para la limpieza

Para una cámara cilíndrica las dimensiones recomendadas son las descritas en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Dimensiones de una cámara cilíndrica

1. $D/d=3$	
2. $e/D=1/10$	
3. $2.7 \leq H/d \leq 3.9$	
4. $0.75 \leq h/d \leq 1.3$	
5. $B/d=1/4$	
6. $W/d=1/5$	

Teniendo en cuenta el volumen de un cilindro se tiene:

$$\nabla_{cilindro} = \pi * r^2 * H = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

Si se tiene  $D/d=3$  y  $H/h=3$  se tiene  $H=D$ , entonces:

$$\nabla_{cilindro} = \frac{\pi * D^2}{4} * D \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 * \nabla_{cilindro}}{\pi}}$$

En el caso de los coaguladores de mezcla hidráulica el Insfopal recomienda, para canaletas Parshall, una velocidad de agua en la garganta mayor de 2 m/s. Según Arboleda para mezcladores hidráulicos son más aconsejables gradientes de velocidad entre 1000 y 2000  $s^{-1}$  y cuando se utilizan canaletas Parshall, como sistema de mezcla rápida, la descarga debe ser libre y la profundidad del agua en la zona convergente de la canaleta debe hacerse mayor de 35 cm, para canaletas de ancho de garganta mayor o igual a 30 cm; con lo cual se obtienen pérdidas de energía mayores de 10,5 cm.

3.2.4 Floculación. La dosificación del floculante (polielectrolito) permite la formación de coágulos de gran tamaño (flóculos), los que son removidos en la etapa posterior de flotación. Los sistemas convencionales de preparación y dosificación del polímero son del tipo Batch y presentan tanto una engorrosa operación como una importante pérdida (entre el 25 y el 45%) de rendimiento en la actividad del polímero debido tanto a la rotura de la cadena molecular como a la falta de "desenrollamiento" de la misma, influyendo importantemente en los costos de operación. Por ello es necesario seleccionar apropiadamente el equipo para esta operación unitaria, de forma tal de no incorporar altas dosis de este producto en los lodos, lo cual será perjudicial para posteriores aplicaciones.

Los gradientes de velocidad que optimizan el proceso normalmente varían entre 70 y 20  $s^{-1}$ . En todo caso, en el primer tramo de la unidad el gradiente no debe ser mayor que el que se está produciendo en la interconexión entre el mezclador y el

floculador. El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale. El tiempo de retención puede variar de 10 a 30 minutos, dependiendo del tipo de unidad y de la temperatura del agua. En las zonas tropicales, donde las aguas presentan temperaturas por encima de los 20 °C, el tiempo de floculación necesario suele ser más breve, alrededor de 15 minutos. En cambio, en los lugares fríos, donde el agua tiene temperaturas de 10 a 15 °C, generalmente el proceso se optimiza con tiempos de retención iguales o superiores a 20 minutos.

3.2.5 Flotación. La tendencia de los sólidos en el efluente aceitero es a flotar y no a sedimentar. Por esta razón se utilizan unidades de flotación para efectuar la separación física de los flóculos. En el proceso de flotación se incorporan microburbujas de aire al efluente en la entrada a la unidad. Estas microburbujas se adsorben a los flóculos bajando su densidad y provocando la flotación natural. Para efectuar la flotación se pueden utilizar dos tecnologías, CAF (Cavitation Air Flotation) o DAF (Dissolved Air Flotation). Existen dos tecnologías adicionales de flotación, IAF (Induced Air Flotation) y Electroflotación. Estas dos últimas no son recomendadas en la industria aceitera por cuanto la primera involucra mayores costos de operación, y la segunda no es viable por la baja conductividad del efluente.

En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño y es la relación aire/sólidos, ml/L de aire liberados en el sistema por cada mg/L de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. Es un dato a determinar experimentalmente y suele tener un valor óptimo comprendido entre 0.005 y 0.06.

3.2.6 Neutralización. En esta se realiza la dosificación de agente neutralizante (soda cáustica o ácido sulfúrico) con el objeto de ajustar el pH al nivel óptimo. Es recomendable efectuar la neutralización en un reactor, con al menos 10 minutos

de tiempo de retención, ya que de esa forma se optimizará el consumo de reactivos. El control de pH en línea no es recomendable, ya que redundará en errores.

3.2.7 Filtración. Es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y entre 0.15 y 0.3 mm. Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones. En aguas industriales hay más variedad en cuanto al material filtrante utilizado, siendo habitual el uso de Tierra de Diatomeas. También es habitual, para mejorar la eficacia, realizar una coagulación-floculación previa.

### 3.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO<sup>8</sup>

Estos procesos de tratamiento tienen en común la utilización de microorganismos (bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de estos. La aplicación de estos tratamientos consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).

En el metabolismo bacteriano es fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, tiene una

---

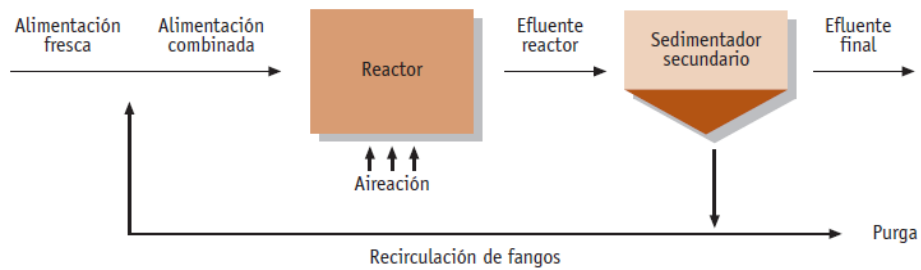
<sup>8</sup> RODRIGUEZ FERNANDEZ-ALBA, Antonio, *et al.* Informe de Vigilancia Tecnológica, Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid: CITME.

importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas, de acuerdo a esto, existen tres casos:

- Sistemas aerobios: En donde el  $O_2$  es el elemento aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando gran generación de lodos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.
- Sistemas anaerobios: En este caso el aceptor de electrones puede ser el  $CO_2$  o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, metano ( $CH_4$ ). La utilización de este sistema, tendría una ventaja importante, la obtención de un gas combustible.
- Sistemas anóxicos: Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de  $O_2$  y la presencia de  $NO_3$  hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en  $N_2$ , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

3.3.1 Lodos activados. Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados, en los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza un recirculación de parte de los lodos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior de reactor, además de una purga equivalente a la cantidad crecida de organismos.

**Figura 25.** Lodos Activados



Tomado de RODRIGUEZ FERNANDEZ-ALBA, Antonio, *et al.* Informe de Vigilancia Tecnológica, Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid: CITME.p 31.

Para este proceso un parámetro muy importante es el de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (8-9 mgO<sub>2</sub>/l dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario asegurar el suministro a los microorganismos, utilizando aireadores superficiales, capaces de suministrar 1 kgO<sub>2</sub>/kWh, o bien difusores. El valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/l. El consumo eléctrico en esta operación será importante dentro de los costos de operación del proceso. Otro parámetro clave en el proceso se refiere al parámetro A/M, algunas veces denominada I, intensidad de carga, se refiere a la relación entre la carga orgánica alimentada y la cantidad de microorganismos disponibles en el sistema, con unidades kgDBO<sub>5</sub>( o DQO)/kgSSV·día teniendo un valor óptimo entre 0.3-0.6 para las condiciones más convencionales de funcionamiento. Otro parámetro para tener en cuenta es el tiempo medio que permanecen los lodos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema, siendo este un valor de 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

3.3.2 Biodiscos. Consisten en una serie de placas o discos, soportados en un eje y parcialmente sumergidos (40%) en un tanque que contiene el agua residual. El eje junto con los discos, gira lentamente. Sobre la superficie de los disco crece la

biopelícula, que sucesivamente, se “moja” y entra en contacto con el aire, produciéndose la degradación de la materia orgánica. Son fáciles de manejar y convenientes cuando se trata de pequeños caudales, normalmente el tamaño es de entre 1 y 3 m de diámetro, está separados unos 10-20 cm y con velocidades de giro de 0.5-3 rpm.

Los factores que se toman en cuenta para el diseño de biodiscos con un modelo de estado estable son:

- Tasa de consumo y transferencia del sustrato.
- Tasa de consumo y transferencia del oxígeno.
- Velocidad de rotación de los biodiscos.
- Tamaño de la unidad.
- Grado de sumergencia de los biodiscos.
- Competencia entre las poblaciones microbianas.
- Crecimiento de la biopelícula.
- Temperatura y pH.
- Condiciones de mezcla o de contacto entre el cultivo fijo y el oxígeno del aire y el sustrato

3.3.3 Filtro anaerobio. En este proceso los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una biopelícula de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo, habitualmente una columna, constituyendo un lecho fijo. El agua residual se hace circular a través del lecho, bien con flujo ascendente o bien descendente, donde entra en contacto con la biopelícula. Son sistemas utilizados en tratamientos de aguas residuales industriales con alta carga orgánica, resisten muy bien alteraciones de carga en el influente pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión con el influente. El rango típico de cargas tratadas es de 5-15 KgDQO/m<sup>3</sup>·día.

3.3.4 Reactor de manto de lodos y flujo ascendente. (UASB Upflow Anaerobic Sludge Blanket) estos reactores solucionan el problema de recirculación de lodos al aumentar la concentración de biomasa en el reactor manteniéndola en su interior. Se trata de un reactor cuyo lecho está formado por gránulos de biomasa, estos gránulos son porosos y con una densidad poco mayor que la del líquido, con lo que se consigue un buen contacto de éste con la biomasa. Los reactores suelen tener en su parte superior un sistema de separación gas-sólido-líquido, puesto que se acumula biogás alrededor de las partículas, éstas manifiestan una tendencia a ascender separándose con estos dispositivos. Se consigue una alta concentración de biomasa dentro del reactor que conlleva una elevada velocidad de eliminación de materia orgánica con rendimientos elevados de depuración. El agua residual se introduce por la parte inferior, homogéneamente repartida y ascendiendo lentamente a través del manto de lodos (gránulos).

Los principales problemas que tiene este tipo de reactor son la puesta en marcha, ya que se ha de conseguir que se desarrollen gránulos lo más estables posibles, la incidencia negativa que tiene el que el agua residual a tratar contenga una gran cantidad de sólidos en suspensión y la deficiente mezcla en la fase líquida que se logra. Este último problema se soluciona de una forma eficaz recirculando parte del gas producido e inyectándolo en la parte inferior de equipo, consiguiendo una expansión del manto de lodos, y por lo tanto, una buena mezcla. A estos reactores se les denomina EGSB (Expanded granular sludge blanket), habitualmente la relación altura/diámetro es mayor que para los convencionales UASB siendo capaces de alcanzar mayores cargas orgánicas (10-25 kg DQO/m<sup>3</sup>·día). Estos tipos de reactores han conseguido una alta implantación en el mercado, mostrándose como los más fiables para todo tipo de aguas residuales de alta carga, especialmente las que tiene un bajo contenido de sólidos en suspensión. Para el diseño de un reactor UASB se tiene en cuenta que el tiempo de retención hidráulico depende de la temperatura.

### 3.4 TECNOLOGÍAS EMERGENTES

3.4.1 Humedal artificial<sup>9</sup>. Es una forma de emular los fenómenos que ocurren en la naturaleza, en estos la depuración del agua ocurre por la interacción entre los elementos componentes del humedal y los fenómenos físicos, químicos y biológicos dentro del humedal con la intervención del sol como fuente principal de energía.

El agua superficial se mueve muy lentamente a través de los humedales artificiales, debido al flujo laminar característico y la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes. La sedimentación de los sólidos suspendidos se promueve por la baja velocidad de flujo y por el hecho de que el flujo es con frecuencia laminar en los humedales artificiales. Las plantas de los humedales artificiales adquieren sus nutrientes de los contaminantes que están en las aguas tales como nitrato, amonio y fosfato, además muchas especies de plantas de los humedales artificiales son capaces de captar y acumular significativamente metales tóxicos, como cadmio y plomo.

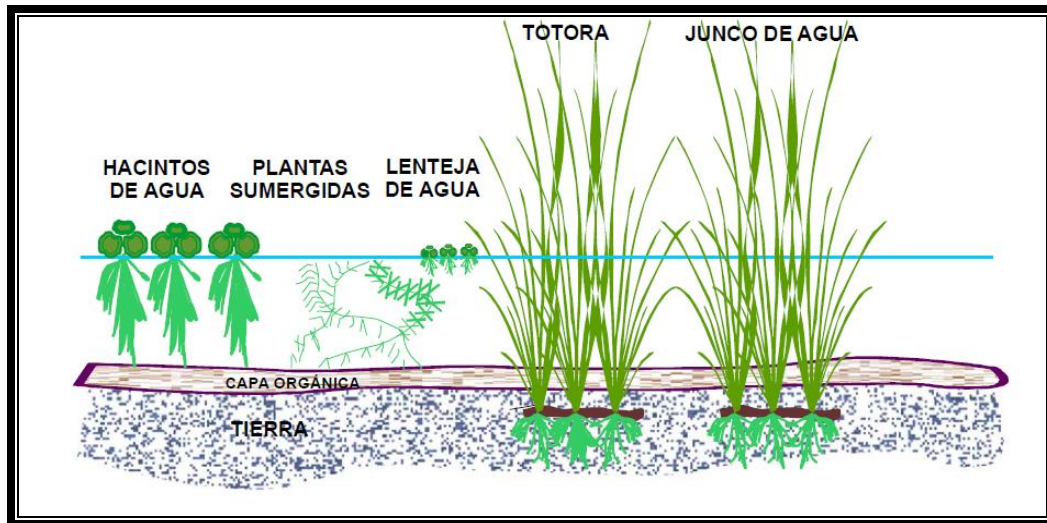
La velocidad de remoción de contaminante por las plantas varía extensamente, dependiendo de la velocidad de crecimiento de la planta y de la concentración del contaminante en el tejido de planta. Las plantas leñosas, es decir, árboles y arbustos, proporcionan un almacenamiento a largo plazo de contaminantes, comparado con las plantas herbáceas. Las bacterias y otros microorganismos en el suelo también proveen, captan y almacenan nutrientes a corto plazo, y algunos otros contaminantes. El proceso químico más importante de la remoción de suelos

---

<sup>9</sup> LLAGAS CHAFLOQUE, Wilmer Alberto y GUADALUPE GOMEZ, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. En: Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 2006. Vol. 15, no.17.

del humedal artificial es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes.

**Figura 26.** Plantas usadas en los humedales artificiales

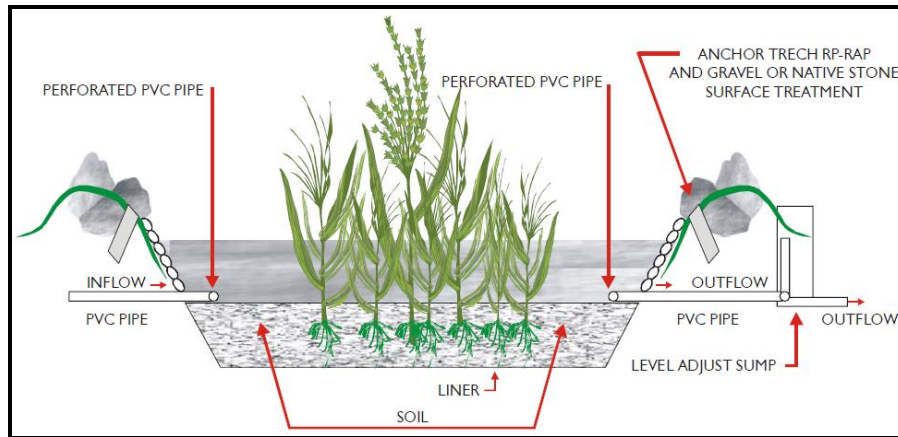


Tomado de LLAGAS CHAFLOQUE, Wilmer Alberto y GUADALUPE GOMEZ, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. En: Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 2006. Vol. 15, no.17.

Hay dos tipos de humedales artificiales los cuales son:

- Sistema de agua superficial libre (SASL): Estos sistemas consisten típicamente de estanques o canales, con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la filtración, suelo u otro medio conveniente a fin de soportar la vegetación emergente, y agua en una profundidad relativamente baja (0,1 a 0,6 m) que atraviesa la unidad. La profundidad baja del agua, la velocidad baja del flujo, y la presencia de tallos de planta y basura regulan el flujo del agua. Se aplica agua residual pretratada y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente.

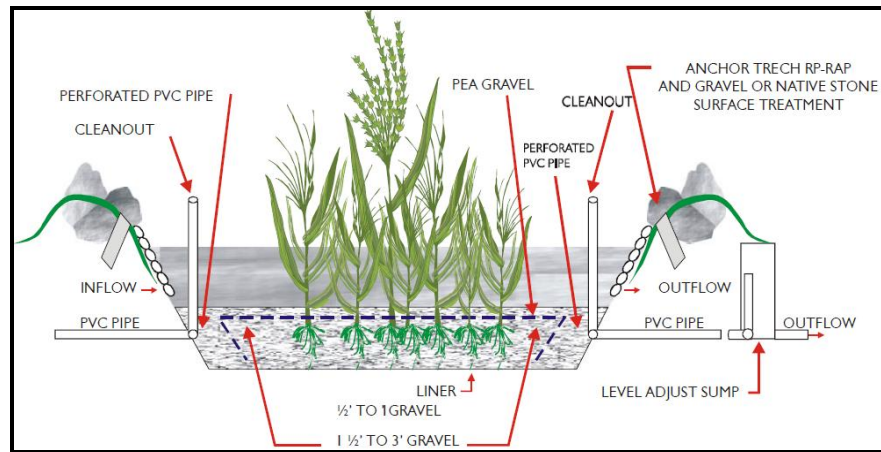
**Figura 27.** Sistema de agua superficial libre



Tomado de LLAGAS CHAFLOQUE, Wilmer Alberto y GUADALUPE GOMEZ, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. En: Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 2006. Vol. 15, no.17.

- Sistemas de flujo bajo la superficie: Estos sistemas son similares a los filtros horizontales por goteo en las plantas de tratamiento convencionales. Se caracterizan por el crecimiento de plantas emergentes usando el suelo, grava o piedras como sustrato de crecimiento en el lecho del canal. Dentro del lecho los microbios facultativos atacan al medio y las raíces de las plantas, contactando de este modo el agua residual que fluye horizontalmente a través del lecho; mientras que el sobrante baja a la superficie del medio.

**Figura 28.** Sistema de flujo bajo la superficie



Tomado de LLAGAS CHAFLOQUE, Wilmer Alberto y GUADALUPE GOMEZ, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. En: Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 2006. Vol. 15, no.17.

Para el diseño se tiene en cuenta la Tabla 24 y 25.

**Tabla 24.** Dimensiones de una cámara cilíndrica

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)	Reducción de DBO (%)
10	5	0 - 10
10 - 15	4 - 5	30 - 40
15 - 20	2 - 3	40 - 50
20 - 5	1 - 2	40 - 60
25 - 30	1 - 2	60 - 80

Tomado de LLAGAS CHAFLOQUE, Wilmer Alberto y GUADALUPE GOMEZ, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. En: Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 2006. Vol. 15, no.17.

**Tabla 25.** Parámetros típicos de diseño de humedales artificiales

<b>Tipo de Humedal Artificial</b>	<b>Agua superficial libre</b>	<b>Bajo la superficie</b>
Carga orgánica del afluente	<112 kg DBO <sub>5</sub> /ha* día	<150 kg DBO <sub>5</sub> /ha* día
Tiempo de retención hidráulica	5 – 15 días	>5 días
Relación largo ancho	<0.60 cm	< 0.6 m
Pendiente del fondo	<0.1 %	<0.1 %
Tipo de Relleno	NA	Arenas y Gravas
Vegetación	Variable	Variable

Tomado de ARIAS, Carlos A. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En: Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2003.

3.4.2 Oxidación<sup>10</sup>. En la presente sección se dará una descripción de los procesos avanzados de oxidación, los cuales se definen como “aquellos procesos de oxidación que implican la generación de radicales hidroxilo en cantidad suficiente para interactuar con los compuestos orgánicos del medio”. Se trata de una familia de métodos que utilizan la elevada capacidad oxidante de los radicales HO· y que se diferencian entre sí en la forma en la que los generan. Los más comunes utilizan combinaciones de ozono (O<sub>3</sub>), peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), radiación ultravioleta y fotocatalisis. Una consecuencia de la elevada reactividad del agente oxidante es que los procesos avanzados de oxidación se caracterizan también por su baja selectividad; una característica deseable en el caso de la eliminación de contaminantes de aguas residuales.

Por otro lado, se trata de procesos que utilizan reactivos costosos tales como el agua oxigenada o el ozono, por lo que su utilización debe restringirse a situaciones en las que otros procesos más baratos, como los biológicos, no sean posibles. Su máximo potencial se explota cuando se consiguen integrar con otros tratamientos, como la adsorción o los tratamientos biológicos, a fin de conseguir la máxima economía del oxidante. Una característica común a todos los procesos avanzados de oxidación es su capacidad para tratar efluentes con

<sup>10</sup> RODRIGUEZ FERNANDEZ-ALBA, Antonio, *et al.* Op. Cit., p.48.

concentraciones menores que 5 g/L de demanda química de oxígeno. Para mayores concentraciones, el elevado consumo de agente oxidante y la mejora en el balance energético del proceso, hacen preferibles las técnicas de oxidación directa tales como la oxidación húmeda.

**Tabla 26.** Procesos avanzados de oxidación

<b>Procesos Homogéneos</b>
Sin aporte externo de energía
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ozonización en medio alcalino (<math>O_3/OH^-</math>)</li> <li>- Ozonización con peróxido de hidrogeno (<math>O_3/H_2O_2</math>) y (<math>O_3/H_2O_2/OH^-</math>)</li> <li>- Peróxido de hidrogeno y catalizador (<math>H_2O_2/Fe^{2+}</math>)</li> </ul>
Con aporte externo de energía
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía procedente de radiación ultravioleta (UV)               <ul style="list-style-type: none"> <li>Ozonización y radiación ultravioleta (<math>O_3/UV</math>)</li> <li>Peróxido de hidrogeno y radiación ultravioleta (<math>H_2O_2/UV</math>)</li> <li>Ozono, peróxido de hidrogeno y radiación ultravioleta (<math>O_3/ H_2O_2/UV</math>)</li> <li>Foto-Fenton (<math>Fe^{2+}/ H_2O_2/UV</math>)</li> </ul> </li> <li>- Energía procedente de ultrasonido (US)               <ul style="list-style-type: none"> <li>Ozonización y ultrasonidos (<math>O_3/US</math>)</li> <li>Peróxido de hidrogeno y ultrasonidos (<math>H_2O_2/US</math>)</li> </ul> </li> <li>- Electroquímica               <ul style="list-style-type: none"> <li>Oxidación electroquímica</li> <li>Oxidación anódica</li> </ul> </li> </ul>
<b>Procesos Heterogéneos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ozonización catalítica (<math>O_3/Cat.</math>)</li> <li>- Ozonización fotocatalítica (<math>O_3/TiO_2/UV</math>)</li> <li>- Fotocatálisis heterogénea (<math>H_2O_2/TiO_2/UV</math>)</li> </ul>

Tomado de RODRIGUEZ FERNANDEZ-ALBA, Antonio, *et al.* Informe de Vigilancia Tecnológica, Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid: CITME.

- *Ozonización en medio alcalino:* El ozono es inestable en agua, tiende a descomponerse en una secuencia de reacciones que generan radicales entre los que se encuentra el radical hidroxilo. A valores de pH elevados, la velocidad de autodescomposición de ozono en agua se incrementa y con

ella, la velocidad de generación de radicales. En estas condiciones, la oxidación de los compuestos orgánicos contenidos en el efluente, se produce por la combinación de dos mecanismos: la vía directa que representa la reacción entre la molécula orgánica y el ozono disuelto, y la vía indirecta, mediante la cual los radicales hidroxilo actúan como oxidantes.

La vía indirecta se beneficia de la elevada velocidad de reacción entre moléculas orgánicas y radicales hidroxilo, típicamente, entre 106 y 109 veces mayor que la reacción directa con ozono molecular. La principal desventaja del proceso, como de todos los que implican la utilización de ozono, es el costo de su generación mediante descarga eléctrica. La energía que se requiere para la síntesis de ozono a partir de aire oscila entre 22 y 33 kWh/kg O<sub>3</sub>, mientras que a partir de oxígeno se reduce a 12-18 kWh/kg O<sub>3</sub> al que hay que sumar el costo del oxígeno. Una desventaja inherente al medio es que los aniones carbonato y bicarbonato, abundantes en muchas aguas residuales y naturales, son agentes neutralizantes de radicales que reaccionan con los hidroxilos del medio para formar radicales carbonato o bicarbonato que no intervienen en reacciones de mineralización de materia orgánica. Una elevada alcalinidad del agua es un motivo para optar por técnicas menos sensibles a la neutralización de radicales.

- *Ozonización con peróxido de hidrógeno (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y (O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/OH<sup>-</sup>):* La adición de peróxido de hidrógeno combinado con el ozono provoca la iniciación de un ciclo de descomposición que resulta en la formación de un mol de radicales hidroxilo por cada mol de ozono que se descompone. Los resultados indican que el óptimo de operación en la degradación de la materia orgánica tiene lugar para una dosis de peróxido de hidrógeno de

entre un tercio y la mitad en peso respecto al ozono y debe ser precisada mediante datos experimentales para cada aplicación en concreto.

- *Peróxido de hidrógeno y catalizador ( $H_2O_2/Fe^{2+}$ ):* La interacción entre el peróxido de hidrógeno y las sales de hierro se conoce desde el descubrimiento del reactivo de Fenton por H.J.H. Fenton en 1894. Se trata de un sistema catalítico homogéneo en el cual una sal de hierro, habitualmente  $FeSO_4$ , genera radicales gracias a la interacción del peróxido de hidrógeno con la forma reducida, Fe(II).
- *Ozonización catalítica ( $O_3/Cat.$ ):* La catálisis heterogénea como método de oxidación avanzada ofrece con respecto a los sistemas catalíticos homogéneos (como el proceso Fenton) la ventaja de la facilidad de separación del producto. Los principales catalizadores que se utilizan en ozonización son los óxidos de metales de transición ( $MnO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ), metales u óxidos soportados ( $Cu/Al_2O_3$ ,  $TiO_2/Al_2O_3$ ), carbón activado granular (GAC) y sistemas mesoporosos, como los silicatos MCM o SBA. La actividad catalítica está directamente relacionada con la capacidad de descomposición de ozono disuelto y la consiguiente generación de radicales hidroxilo. Sin embargo, el papel de los catalizadores sólidos es complejo y los resultados experimentales sugieren la coexistencia de diferentes mecanismos de ozonización. La eficacia de la ozonización depende en esencia de las propiedades físicas y químicas de la superficie catalítica y de su interacción con las especies presentes en la disolución, que en buena medida son función del pH del medio. Las propiedades físicas fundamentales son la superficie específica, la distribución del tamaño de poros y las propiedades mecánicas, generalmente determinadas por el soporte del catalizador.

En el caso de la ozonización utilizando carbón activado o catalizadores soportados sobre carbón activado, la interacción física entre contaminante y superficie mejora el rendimiento de ozonización en sistemas con contaminantes complejos y diluidos tales como pesticidas. Los resultados indican que la reducción de la demanda química de oxígeno utilizando ozono en presencia de catalizadores es más eficaz que la que tiene lugar mediante ozono alcalino, permitiendo incluso la completa mineralización de los ácidos orgánicos y otros compuestos resistentes a los tratamientos  $O_3/H_2O_2/OH^-$ .

- *Procesos fotocatalíticos ( $O_3/TiO_2/UV$  y  $H_2O_2/TiO_2/UV$ ):* La oxidación fotocatalítica se basa en la fotoexcitación de un semiconductor sólido como resultado de la absorción de radiación electromagnética, en general en la zona del ultravioleta próximo. La radiación provoca la excitación de electrones en la banda de valencia del sólido, lo que origina la formación de huecos caracterizados por un potencial de oxidación muy elevado. En estos huecos no sólo se produce la oxidación de compuestos orgánicos adsorbidos, sino que es posible que tenga lugar la descomposición del agua para originar radicales hidroxilo que participan a su vez en las reacciones de degradación de la materia orgánica. El principal fotocatalizador es el dióxido de titanio, tanto en forma de rutilo como de anatasa. El dióxido de titanio puede ser activado mediante radiación ultravioleta hasta 380 nm, lo que permite su funcionamiento como fotocatalizador solar puesto que la irradiación solar comienza a longitudes de onda de unos 300 nm. Un 5% del total de la radiación solar podría aprovecharse de esta forma. La mayoría de los compuestos orgánicos contaminantes son susceptibles de ser tratados mediante fotocatalisis, incluyendo moléculas cloradas como clorofenoles y dioxinas, que resultan mineralizados hasta  $CO_2$  y HCl. El pH influye en la reacción de fotooxidación de compuestos orgánicos, ya que no sólo condiciona el

estado de la superficie, sino la adsorción de los contaminantes. Los mejores resultados se obtienen para pH ligeramente ácidos y en combinación con otros generadores de hidroxilos, como el ozono o el peróxido de hidrógeno.

3.4.3 Membranas. Las membranas son barreras físicas semipermeables que separan dos fases, impidiendo su íntimo contacto y restringiendo el movimiento de las moléculas a través de ella de forma selectiva. Este hecho permite la separación de las sustancias contaminantes del agua, generando un efluente acuoso depurado. La rápida expansión, a partir de 1960, de la utilización de membranas en procesos de separación a escala industrial ha sido propiciada por dos hechos: la fabricación de membranas con capacidad para proporcionar elevados flujos de permeado y la fabricación de dispositivos compactos, baratos y fácilmente intercambiables donde disponer grandes superficies de membrana

Las características de los procesos de separación con membranas son:

- Permiten la separación de contaminantes que se encuentran disueltos o dispersos en forma coloidal.
- Eliminan contaminantes que se encuentran a baja concentración.
- Las operaciones se llevan a cabo a temperatura ambiente.
- Procesos sencillos y diseños compactos que ocupan poco espacio.
- Pueden combinarse con otros tratamientos.
- No eliminan realmente el contaminante, únicamente lo concentran en otra fase.
- Pueden darse el caso de incompatibilidades entre el contaminante y la membrana.
- Problemas de ensuciamiento de la membrana: necesidad de otras sustancias para llevar a cabo la limpieza, ajustes de pH, ciclos de parada para limpieza del equipo.
- Deficiente escalado: doble flujo-doble de equipos (equipos modulares).

- Ruido generado por los equipos necesarios para conseguir altas presiones.

Las tecnologías más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales industriales se pueden agrupar atendiendo a la *fuerza impulsora* responsable del flujo de permeado, estas son:

- *Microfiltración (MF) y Ultrafiltración (UF)*: En estas dos tecnologías las membranas actúan como tamices moleculares. La relación tamaño de sustancias contaminantes/distribución de tamaño de poros permite la exclusión de contaminantes en el permeado. Así, las sustancias mayores que el mayor tamaño de los poros serán totalmente rechazadas por la membrana, y las sustancias cuyo tamaño esté comprendido entre el mayor y menor tamaño de poros serán parcialmente rechazadas. Aunque los procesos de ultrafiltración y microfiltración se basan en el mismo principio que la filtración clásica, separación mecánica de partículas mediante un tamiz, hay que resaltar que ésta solo es aplicable a suspensiones, mientras que en microfiltración y ultrafiltración, la exclusión de partículas por la membrana tiene lugar en el caso de dispersiones coloidales y soluciones.

La microfiltración utiliza valores de diferencia de presión transmembrana comprendidos en el intervalo 100 - 500 kPa, pudiendo separar tamaños de partículas dentro del rango: 0.1 mm – 10 mm, de distinta naturaleza: sólidos suspendidos, partículas finas y algunos coloides.

La ultrafiltración utiliza diferencias de presión transmembrana de 100 - 800 kPa, con un intervalo de tamaño de poro de 10 Å – 1000 Å, pudiendo realizar separaciones de microsolutos como coloides y macromoléculas. La forma habitual de clasificar estas membranas es mediante el *peso molecular de corte (cut-off Mw)*, definido como el peso molecular de las proteínas, de tipo globular, que la membrana puede separar en un 90 %.

- *Ósmosis inversa (RO)*: El proceso de *RO* consiste en generar, mediante una membrana permeable al agua, una solución acuosa con bajo contenido en sal a partir de otra con alto contenido en sal. Es la tecnología utilizada para producir agua desalada a partir de agua de mar. Igual que en *MF* y *UF*, la causa que genera la fuerza impulsora para lograr la separación de la sal es una diferencia de presión transmembrana. Sin embargo, en la *RO* el proceso de separación se debe a las diferentes solubilidad y difusividad en la membrana de los componentes de la solución acuosa. Los valores de operación de la diferencia de presión transmembrana y concentración de la solución son 7 – 70 bar y 200 – 30000 ppm, respectivamente.
- *Nanofiltración (NF)*: Las prestaciones de esta tecnología son intermedias entre la *UF* y *RO*. Utiliza membranas con valores de pesos moleculares de corte de 200 D – 1000 D y coeficientes de rechazo de cloruro sódico de 0.2 – 0.80 %. *NF* se aplica para el tratamiento de aguas con una concentración salina de 200 mg/L – 5000 mg/L con presiones de trabajo de 7 bar – 14 bar, de ahí que también se denomine ósmosis inversa de baja presión. Se utiliza en el tratamiento de aguas de consumo en pequeñas comunidades. Eliminación de la dureza del agua y como pretratamiento para la obtención de agua ultrapura.
- *Electrodiálisis (ED)*: Los procesos de separación basados en la electrodiálisis utilizan membranas donde se han incorporado grupos con cargas eléctricas, con el fin restringir el paso de los iones presentes en una solución acuosa. En estos procesos la “fuerza impulsora” responsable del flujo de los iones, a través de la membrana, es una diferencia de potencial eléctrico. Un equipo de electrodiálisis está formado por un conjunto de membranas aniónicas y cationes, dispuestas en forma alterna y separadas por espaciadores o placas, en una configuración semejante a los filtros

prensa (configuración de placas y bastidores). Los espaciadores provocan turbulencias que evitan las deposiciones de materiales en la superficie de las membranas y homogenizan la concentración.

### 3.5 POSIBILIDADES DE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIAS

Es importante antes de evaluar cualquier sistema correctivo, buscar acciones preventivas de control de contaminación. Para este caso, se recomienda trabajar en los tres elementos de la Ingeniería de Fábricas que son: las personas, los procesos y las maquinas, centrado en crear, mantener y fortalecer una cultura del manejo del agua.

#### 3.5.1 En las personas.

- Crear campañas de concientización sobre los impactos que pueden generar contaminar el agua.
- Crear un plan de capacitación centrado en el fortalecimiento de las competencias y habilidades en el manejo del agua y el lavado de líneas.
- Crear normas de comportamiento en el uso del agua.

#### 3.5.2 En los procesos.

- Buscar alternativas de químicos de lavado menos nocivos y más biodegradables.
- Aprovechar en lo posible las aguas de lavado.
- Separar en sitio las grasas o aceites.
- Separar las aguas alcalinas y llevarlas a un tanque para su posterior utilización.
- Mejorar el programa de producción para reducir las frecuencias de lavado.
- Mantener limpias las trampas de grasa internas.

- Desarrollar balances de material con el propósito de identificar los puntos de generación de pérdidas y reemplazar o modificar los equipos defectuosos.
- Instalación de condensadores de vacío en desodorización. Esto reduce las descargas de ácidos grasos en los efluentes.
- Control estricto de la temperatura y del pH en el proceso de desdoblamiento de ácidos grasos.
- Integración energética mediante la aplicación del análisis pinch. Tiene como objetivo la integración de las distintas corrientes calóricas (calientes y frías) con el fin de minimizar tanto la superficie total y el número necesario de equipos para el intercambio y la generación de calor, así como el consumo de combustible. El punto de Pinch corresponde a la mínima diferencia de temperatura entre las corrientes frías y calientes que todavía permite un intercambio apreciable.

### 3.5.3 En las maquinas:

- Acondicionar sistema de retrolavado en todos los tanques.
- Optimizar el sistema CIP (Clean - In – Place) lavado en sitio.
- Instalar en todos los tanques el sistema Spray Ball para reducir el volumen de agua de lavado.
- Instalar controles de nivel de líquidos con detención automática de bombas, alarmas, etc. En todos los puntos donde pudiera ocurrir algún rebalse tales como: estanques de almacenamiento, equipos de proceso, estanques CIP (cleaning-in-place, limpieza in situ).
- Reemplazo de los filtros de placas por filtros de hoja (tipo Niagara).
- Instalación correcta de las tuberías con el fin de evitar vibraciones que pudieran dar lugar a filtraciones.
- Proveer las líneas de llenado con sistemas recolectores de derrames con el fin de evitar que los productos vayan a las canaletas de drenaje.

Estas actividades deben ser apoyadas por la alta dirección y deben ser acompañadas por las áreas de abastecimiento, como la gerencia de planta, sistema de gestión, recursos humanos, ingeniería, mantenimiento, operaciones, etc. En general, las modificaciones planteadas pueden permitir reducciones superiores al 50% en las cargas contaminantes.

Finalmente se resumen ventajas y desventajas de algunas de las tecnologías descritas (ver Tabla 27).

**Tabla 27.** Ventajas y desventajas de algunas tecnologías

<b>Tecnología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Trampa de Grasa	Las grasas pueden ser recicladas al proceso	-----
Desarenador	Evita taponamientos en tuberías y abrasión en bombas	-----
Desdoblamiento con vapor	No usa productos químicos y las grasas y aceites pueden ser reciclados en el proceso	Alto costo de inversión y control complejo
Electrocoagulación	Menor generación de lodos y menor costo de operación, usos alternativos de los lodos	Alta inversión en capital.
Procesos aerobios	Rendimiento energético elevado.	Alto costo por el suministro de O <sub>2</sub> , gran generación de lodos
Procesos anaerobios	Producción de biogás formado por metano y CO <sub>2</sub> susceptible de ser usado como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica, bajo consumo de energía y producción baja de lodos	Proceso lento con altos tiempos de residencia.
Oxidación	Es capaz de mineralizar en la práctica la totalidad de los contaminantes orgánicos junto con compuesto inorgánicos, tales como cianuros y amoníaco.	Reactivos costosos
Membranas	Eliminan contaminantes que se encuentran a baja concentración	No eliminan realmente el contaminante, sólo lo concentran en otra fase. Puede haber incompatibilidad entre el contaminante y la membrana. Problemas de ensuciamiento de la membrana, necesitando de otras sustancias para la limpieza.

## 4. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

### 4.1 CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Como resultado de la línea base se encuentra que los puntos críticos son Margarinas, Refinería 1 y Refinería 2, por sus altos aportes en DQO, DBO<sub>5</sub> y Fenoles, además de otros parámetros analizados en el capítulo 2, que hacen que los efluentes de estos puntos aporten una gran carga contaminante al proceso general de tratamiento de aguas residuales. En primera medida se tiene en cuenta que la compañía posee una política de gestión de calidad y ambiental que indica lo siguiente: *“La organización cumple las leyes, respetando el entorno, previendo la contaminación y controlando los riesgos para promocionar un ambiente de trabajo sano, seguro y productivo”*. Por todo lo anterior se plantean unos criterios de evaluación los cuales serán evaluados conceptualmente para cada tecnología propuesta, y los cuales tienen en cuenta los parámetros de calidad de los efluentes, criterios generales de seguridad de proceso, criterios técnicos de diseño y criterios económicos los cuales dependen de las políticas y condiciones exigidas por la empresa.

4.1.1 Criterios generales de seguridad de proceso. Para la selección de la tecnología se deben tener presentes las siguientes consideraciones, basadas en el cumplimiento de la política de gestión y los requisitos locales, nacionales y los exigidos por los clientes.

- Debe ser limpia cumpliendo con los requisitos exigidos por las Buenas Prácticas de Manufactura y HACCP.
- No puede existir ningún tipo riesgo por contaminación cruzada.

- Los químicos utilizados deben ser aprobados por la FDA (Food and Drug Administration) y en lo posible deben ser biodegradables.
- No debe ser un riesgo de contaminación o generación de vectores.
- No debe comprometer por ningún motivo el libre desempeño de la producción.
- Por seguridad de la compañía no se permiten tecnologías que puedan generar gases combustibles.
- Debe tener un plan de contingencia en caso de fallo.
- No puede poner en riesgo la compañía ni su imagen.
- No debe generar olores ofensivos.
- Los residuos generados por la tecnología deben contenerse de manera segura hasta su retiro.
- Debe tener todas las condiciones de seguridad para su operación o en caso de falla.

4.1.2 Criterios técnicos de diseño. Las consideraciones técnicas de diseño se basan en las condiciones actuales de la planta, los atributos que deben tener el tipo de tecnología y las condiciones de operación.

- No debe superar un área mayor a 5m<sup>2</sup> debido a la naturaleza de la compañía.
- Debe permitir limpieza y mantenimiento periódico.
- En caso de una eventualidad o emergencia debe tener un sistema by pass para enviar los vertimientos a la PTAR principal.
- En lo posible no debe ser compleja.
- No debe generar contaminación visual.
- Debe soportar variaciones de caudal.
- Debe soportar carga orgánica.
- Debe soportar condiciones de acidez y alcalinidad altos.

4.1.3 Criterios económicos. Estos criterios se basan en los costos y el presupuesto actual que se tiene para la planta de tratamiento de aguas residuales.

- Costos de operación (< \$500/m<sup>3</sup>).
- Costos de energía (< 0,25 kwh/h).
- Costos de químicos (< \$200/m<sup>3</sup>).
- Costos de mantenimiento (< \$50/m<sup>3</sup>).
- Costo de inversión inicial (<10MM).

#### 4.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Basado en los criterios y los parámetros que se deben cumplir según las exigencias de la empresa, se establece una matriz que analiza cada una de las tecnologías antes mencionadas en el capítulo 3, con el fin, de seleccionar las mejores alternativas que cumplan los criterios establecidos.

La calificación se hizo a través de la técnica semáforo, en donde el verde significa que la tecnología cumple y está dentro de lo más apropiado, el amarillo significa que la tecnología es favorable pero presenta alguna incompatibilidad con algún criterio, pudiendo llegar a incumplir con las políticas y condiciones de la empresa, y el rojo significa que no es favorable y no cumple lo exigido para la adecuación, estas calificaciones se presentan en la Tabla 28.

**Tabla 28.** Calificación para la valoración y evaluación de las tecnologías

<b>CALIFICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN Y VALORACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS</b>		
<b>A</b>	<b>ACEPTABLE</b>	Cumple y está dentro de lo más apropiado.
<b>F</b>	<b>FAVORABLE</b>	Está dentro de las condiciones de favorabilidad pero presenta alguna incompatibilidad con algún criterio, pudiendo llegar a incumplir.
<b>N</b>	<b>NO FAVORABLE</b>	Ésta, de acuerdo a los criterios no es apropiada y no cumple lo exigido para la adecuación.
<b>NA</b>	<b>NO APLICA</b>	---

Para el diseño de la matriz de evaluación se tiene en cuenta los criterios mencionados, los cuales se sitúan en las columnas versus cada tecnología de tratamiento propuesta, las cuales se sitúan en las filas, teniendo presente las valoraciones se procede a evaluar cruzando cada tecnología con cada criterio y dando la valoración respectiva de acuerdo al cumplimiento, favorabilidad y no cumplimiento según las características propias de cada tecnología evaluada. Para dar cada concepto de valoración se tuvo en cuenta la documentación, las características, ventajas y desventajas de cada tecnología y experiencias de plantas de tratamiento de aguas residuales en industrias del mismo sector. Se presentan cuatro matrices de evaluación de cada tecnología, la primera es la matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del pretratamiento (ver Tabla 29), la segunda es la matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento químico (ver Tabla 30), la tercera es la matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento biológico (ver Tabla 31) y la última es la matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro de las tecnologías emergentes (ver Tabla 32).

**Tabla 29.** Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del pretratamiento

		Pretratamiento		
		Componentes a Evaluar	Trampa de Grasa	Desarenador
<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>	<b>Parámetro de calidad del efluente</b>	DBO	A	NA
		DQO	NA	NA
		pH	NA	NA
		Grasa y Aceites	A	NA
		Sólidos Suspendedos Totales	NA	A
		Sólidos Sedimentables	A	A
		Fenoles Totales	NA	NA
	<b>Criterios Generales de Seguridad de proceso</b>	Debe ser limpia cumpliendo con los requisitos exigidos por las Buenas Prácticas de Manufactura y HACCP.	A	A
		No puede existir ningún tipo riesgo por contaminación cruzada.	A	A
		Los químicos utilizados deben ser aprobados por la FDA y en lo posible deben ser biodegradables.	NA	NA
		No debe ser un riesgo de contaminación o generación de vectores.	A	A
		No debe comprometer por ningún motivo el libre desempeño de la producción.	A	A
		Por seguridad de la compañía no se permiten tecnologías que puedan generar gases combustibles.	NA	NA
		Debe tener un plan de contingencia en caso de fallo.	A	A
		No puede poner en riesgo la compañía ni su imagen.	A	A
		No debe generar olores ofensivos.	A	A
		Los residuos generados por la tecnología deben contenerse de manera segura hasta su retiro.	A	A
		Debe tener todas las condiciones de seguridad para su operación o en caso de falla.	A	A
	<b>Criterios Técnicos de diseño</b>	No debe superar un área mayor a 5m2 debido a la naturaleza de la compañía.	A	A
		Debe permitir limpieza y mantenimiento periódico.	A	A
		En caso de una eventualidad o emergencia debe tener un sistema by pass para enviar los vertimientos a la PTAR principal.	A	A
		En lo posible no debe ser compleja.	A	A
		No debe generar contaminación visual.	A	A
		Debe soportar variaciones de caudal.	A	A
		Debe soportar carga orgánica.	A	A
		Debe soportar condiciones de acidez y alcalinidad altos.	A	A
	<b>Criterios Económicos</b>	Costos de operación (< \$500/m3).	A	A
Costos de energía. (0,25 kw/h).		NA	NA	
Costos de químicos. (< \$200/m3).		NA	NA	
Costos de mantenimiento (< \$50/m3).		A	A	
Costo de inversión inicial (<10MM).		A	A	

**Tabla 30.** Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento químico

		Componentes a Evaluar	Tratamiento Químico					
			Rompedor Emulsión	Cogulación	Floculación	Flotación	Neutralización	Filtración
Parámetro de calidad del efluente		DBO	A	A	A	NA	NA	NA
		DQO	A	A	A	NA	A	NA
		pH	A	A	A	NA	A	NA
		Grasa y Aceites	A	A	A	A	NA	NA
		Sólidos Suspendidos Totales	A	A	A	A	NA	A
		Sólidos Sedimentables	A	A	A	NA	NA	A
		Fenoles Totales	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Criterios Generales de Seguridad de proceso		Debe ser limpia cumpliendo con los requisitos exigidos por las Buenas Prácticas de Manufactura y HACCP.	A	A	A	A	A
		No puede existir ningún tipo riesgo por contaminación cruzada.	A	A	A	A	A	A
		Los químicos utilizados deben ser aprobados por la FDA y en lo posible deben ser biodegradables.	A	A	A	NA	A	NA
		No debe ser un riesgo de contaminación o generación de vectores.	A	A	A	A	A	A
		No debe comprometer por ningún motivo el libre desempeño de la producción.	A	A	A	A	A	A
		Por seguridad de la compañía no se permiten tecnologías que puedan generar gases combustibles.	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Debe tener un plan de contingencia en caso de fallo.	A	A	A	A	A	A
		No puede poner en riesgo la compañía ni su imagen.	A	A	A	A	A	A
		No debe generar olores ofensivos.	A	A	A	A	A	A
		Los residuos generados por la tecnología deben contenerse de manera segura hasta su retiro.	A	A	A	A	A	A
		Debe tener todas las condiciones de seguridad para su operación o en caso de falla.	A	A	A	A	A	A
Criterios Técnicos de diseño		No debe superar un área mayor a 5m2 debido a la naturaleza de la compañía.	A	A	N	N	A	A
		Debe permitir limpieza y mantenimiento periódico.	A	A	A	A	A	A
		En caso de una eventualidad o emergencia debe tener un sistema by pass para enviar los vertimientos a la PTAR principal.	A	A	A	A	A	A
		En lo posible no debe ser compleja.	A	A	A	A	A	A
		No debe generar contaminación visual.	A	A	A	N	A	A
		Debe soportar variaciones de caudal.	A	A	A	A	A	A
		Debe soportar carga orgánica.	A	A	A	A	A	A
		Debe soportar condiciones de acidez y alcalinidad altos.	A	A	A	A	A	N
Criterios Económicos		Costos de operación (< \$500/m3).	A	A	A	A	A	A
		Costos de energía. (0,25 kw/h).	A	A	A	N	A	NA
		Costos de químicos. (< \$200/m3).	A	A	A	NA	A	NA
		Costos de mantenimiento (< \$50/m3).	A	A	A	N	A	A
		Costo de inversión inicial (<10MM).	A	N	N	N	A	N

**Tabla 31.** Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento biológico

		Componentes a Evaluar	Tratamiento Biológico			
			Lodos Activados	Biodiscos	Filtro Anaerobio	Reactor de mantos de lodos y flujo ascendente UASB
Parámetro de calidad del efluente		DBO	A	A	A	A
		DQO	A	A	A	A
		pH	A	A	A	A
		Grasa y Aceites	A	A	A	A
		Sólidos Suspendedos Totales	A	A	A	A
		Sólidos Sedimentables	A	A	A	A
		Fenoles Totales	A	A	A	A
	Criterios Generales de Seguridad de proceso		Debe ser limpia cumpliendo con los requisitos exigidos por las Buenas Prácticas de Manufactura y HACCP.	F	F	F
		No puede existir ningún tipo riesgo por contaminación cruzada.	N	N	N	N
		Los químicos utilizados deben ser aprobados por la FDA y en lo posible deben ser biodegradables.	NA	NA	NA	NA
		No debe ser un riesgo de contaminación o generación de vectores.	N	N	N	N
		No debe comprometer por ningún motivo el libre desempeño de la producción.	A	A	A	A
		Por seguridad de la compañía no se permiten tecnologías que puedan generar gases combustibles.	A	A	N	N
		Debe tener un plan de contingencia en caso de fallo.	A	A	A	A
		No puede poner en riesgo la compañía ni su imagen.	A	A	F	F
		No debe generar olores ofensivos.	N	F	N	N
		Los residuos generados por la tecnología deben contenerse de manera segura hasta su retiro.	A	A	A	A
		Debe tener todas las condiciones de seguridad para su operación o en caso de falla.	A	A	A	A
Criterios Técnicos de diseño		No debe superar un área mayor a 5m2 debido a la naturaleza de la compañía.	N	F	F	F
		Debe permitir limpieza y mantenimiento periódico.	F	F	N	N
		En caso de una eventualidad o emergencia debe tener un sistema by pass para enviar los vertimientos a la PTAR principal.	A	A	A	A
		En lo posible no debe ser compleja.	N	N	N	N
		No debe generar contaminación visual.	A	A	A	A
		Debe soportar variaciones de caudal.	N	N	N	N
		Debe soportar carga orgánica.	A	A	A	A
		Debe soportar condiciones de acidez y alcalinidad altos.	N	N	N	N
Criterios Económicos		Costos de operación (< \$500/m3).	N	N	N	N
		Costos de energía. (0,25 kw/h).	N	N	A	A
		Costos de químicos. (< \$200/m3).	NA	NA	NA	NA
		Costos de mantenimiento (< \$50/m3).	N	N	A	A
		Costo de inversión inicial (<10MM).	N	N	N	N

**Tabla 32.** Matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro de las tecnologías emergentes

		Componentes a Evaluar	Tecnologías Emergentes				
			Humedales Artificiales	Oxidación química	Oxidación por luz	Ozonización	Membranas
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Parámetro de calidad del efluente	DBO	A	A	A	A	A
		DQO	A	A	A	A	A
		pH	A	A	A	A	A
		Grasa y Aceites	A	NA	NA	NA	NA
		Sólidos Suspendidos Totales	A	NA	NA	NA	A
		Sólidos Sedimentables	A	NA	NA	NA	A
		Fenoles Totales	A	A	A	A	A
		Debe ser limpia cumpliendo con los requisitos exigidos por las Buenas Prácticas de Manufactura y HACCP.	A	A	A	A	A
	Criterios Generales de Seguridad de proceso	No puede existir ningún tipo riesgo por contaminación cruzada.	F	A	A	A	A
		Los químicos utilizados deben ser aprobados por la FDA y en lo posible deben ser biodegradables.	NA	A	NA	NA	NA
No debe ser un riesgo de contaminación o generación de vectores.		N	A	A	A	A	
No debe comprometer por ningún motivo el libre desempeño de la producción.		A	A	A	A	A	
Por seguridad de la compañía no se permiten tecnologías que puedan generar gases combustibles.		A	A	A	A	A	
Debe tener un plan de contingencia en caso de fallo.		A	A	A	A	A	
No puede poner en riesgo la compañía ni su imagen.		A	A	A	A	A	
No debe generar olores ofensivos.		A	A	A	A	A	
Los residuos generados por la tecnología deben contenerse de manera segura hasta su retiro.		A	A	A	A	A	
Debe tener todas las condiciones de seguridad para su operación o en caso de falla.		A	A	A	A	A	
Criterios Técnicos de diseño	No debe superar un área mayor a 5m2 debido a la naturaleza de la compañía.	N	A	A	A	A	
	Debe permitir limpieza y mantenimiento periódico.	N	A	A	A	A	
	En caso de una eventualidad o emergencia debe tener un sistema by pass para enviar los vertimientos a la PTAR principal.	A	A	A	A	A	
	En lo posible no debe ser compleja.	N	A	A	A	A	
	No debe generar contaminación visual.	A	A	A	A	A	
	Debe soportar variaciones de caudal.	N	A	A	A	A	
	Debe soportar carga orgánica.	A	A	A	A	A	
	Debe soportar condiciones de acidez y alcalinidad altos.	N	A	A	A	F	
Criterios Económicos	Costos de operación (< \$500/m3).	A	A	A	A	N	
	Costos de energía. (0,25 kw/h).	A	A	N	A	N	
	Costos de químicos. (< \$200/m3).	NA	F	A	A	NA	
	Costos de mantenimiento (< \$50/m3).	N	A	A	A	N	
	Costo de inversión inicial (<10MM).	N	A	N	F	N	

Teniendo en cuenta la evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del pretratamiento, es decir el trampa grasas y el desarenador se tiene como resultado de la evaluación que estas dos tecnologías cumplen con todos los criterios establecidos, y en otros no aplica.

En segundo lugar, teniendo presente la matriz de evaluación de las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento químico, se tiene que la tecnología del rompedor de emulsión cumple con todos los criterios de evaluación, en cuanto a la coagulación se tiene que incumple con el costo de inversión inicial, en cuanto a la floculación también incumple con el costo de inversión inicial y con el área necesaria para esta tecnología, en cuanto a la flotación incumple con el área, con la contaminación visual y con los costos iniciales de inversión, energía y mantenimiento. La tecnología de neutralización cumple con todos los parámetros, y la de filtración incumple con el criterio de soportar condiciones de acidez y alcalinidad, además con el costo de inversión inicial.

En tercer lugar se tiene las tecnologías clasificadas dentro del tratamiento biológico, en cuanto a los lodos activados se incumple con el riesgo de contaminación cruzada, riesgo de generación de vectores, generación de olores ofensivos, los requerimientos de área, el ser compleja por la cuestión de los microorganismos, el no soportar variaciones de caudal y condiciones de acidez y alcalinidad altos, y por los costos de inversión inicial, energía, operación y mantenimiento, del mismo modo para esta tecnología se puede volver un riesgo de incumplimiento los requisitos de las BPM y HACCP y el mantenimiento y limpieza periódico. En cuanto a los biodiscos se incumple con el riesgo de contaminación cruzada, generación de vectores, la complejidad de la tecnología, el no soportar variaciones de caudal y condiciones acidez y alcalinas y los costos de operación, energía, mantenimiento y de inversión inicial, además puede llegar a incumplir los requisitos de las BPM y HACCP, generación de olores ofensivos, requerimientos de área y limpieza y mantenimiento periódico. En cuanto a el filtro

anaerobio y el reactor UASB se tiene el incumplimiento del riesgo por contaminación cruzada, generación de vectores, generación de gases combustibles, de olores ofensivos, limpieza y mantenimiento periódico, el no soportar variaciones de caudal y condiciones de acidez y alcalinidad, costos de operación y de inversión inicial, y el riesgo de incumplimiento de los requisitos de las BPM y HACCP, poner en riesgo la imagen de la compañía por la generación de gases combustibles los cuales representan un peligro y pueden ser eventos iniciantes de una explosión o incendio, y por último los posibles requerimientos de área.

Finalmente en cuanto a las tecnologías emergentes, se tiene en primer lugar los humedales artificiales los cuales incumplen con el riesgo de contaminación y generación de vectores, con el requerimiento de área, la limpieza y mantenimiento periódico, el ser compleja, no soportar variaciones de caudal y condiciones de acidez y alcalinidad, y los costos de inversión inicial y mantenimiento, asimismo se tiene el posible incumplimiento de generar contaminación cruzada. En cuanto a la oxidación química cumple con todos los criterios pero presenta un riesgo de incumplimiento en cuanto a los costos de los químicos necesarios para dicha tecnología y en cuanto a la ozonización se tiene el riesgo de incumplimiento del costo de inversión inicial. Por último, la tecnología de membranas incumple con los costos de energía, operación, mantenimiento e inversión inicial, y tiene un riesgo de incumplimiento de no soportar condiciones de acidez y alcalinidad.

Es importante tener en cuenta que tan sólo con incumplir un criterio exigido por la compañía, la alta dirección no aprueba la implementación de una tecnología, aunque ésta sea buena para el tratamiento de las aguas residuales y el cumplimiento de la normatividad, como es el caso del tratamiento biológico o los humedales artificiales, que aunque sean eficientes para el tratamiento por sólo el hecho de generar contaminación cruzada (por involucrar microorganismos) o vectores, queda desaprobado el proyecto por la alta gerencia. Teniendo presente

todo lo anterior se tiene que las tecnologías que cumplen con todos los criterios exigidos por la compañía son:

- Trampa de Grasas
- Desarenador
- Rompedor de emulsión
- Neutralización

Además, se tiene que las tecnologías que cumplen con todos los criterios pero que pueden llegar a incumplir algunos de estos (criterios económicos), son:

- Oxidación química
- Ozonización

Luego de todo el análisis de evaluación y valoración de las tecnologías se cuentan con seis de estas que pueden ser apropiadas para la adecuación, dos de estas presentan riesgo de incumplimiento en cuanto a los costos de químicos y de inversión inicial. En primera instancia la oxidación química presenta el riesgo de los costos de los químicos pero se debe tener en cuenta la dosificación de estos, y en segunda instancia se tiene que la técnica de ozonización puede llegar a incumplir con el costo de inversión inicial, pero actualmente se cuenta con un equipo de ozonización.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el costo de la PTAR actual, el cual se muestra en la Tabla 33, y el cual da un total de \$182.000.000 de pesos, valor que es de mucho peso al tomar la decisión de cambiar el tratamiento general de las aguas residuales por otro totalmente distinto.

**Tabla 33.** Costo de la PTAR actual

<b>Equipo</b>	<b>Costo</b>
Tanque Ecuilizador A y accesorios	\$ 30.000.000
Tanque Ecuilizador B y accesorios	\$ 30.000.000
Tanque de Mezcla rápida	\$ 10.000.000
Tanque Flotación y accesorios	\$ 30.000.000
Tanque Neutralización y accesorios	\$ 3.000.000
Tanque de Oxidación y accesorios	\$ 2.000.000
Filtro de Lecho Mixto y accesorios	\$ 6.000.000
Filtro Prensa y accesorios	\$ 20.000.000
Tanque decantación de lodos y accesorios	\$ 10.000.000
Torre de enfriamiento y accesorios	\$ 20.000.000
Sistemas de dosificación	\$ 10.000.000
Ozonizador	\$ 1.000.000
Sistema DAF	\$ 10.000.000
<b>Total</b>	<b>\$ 182.000.000</b>

De igual manera, se tiene presente el capítulo dos en donde se obtuvieron tres puntos críticos que generan mayor carga contaminante al proceso general, es decir que generan mayor dificultad en el tratamiento en la PTAR, por sus altos aportes en DQO, DBO<sub>5</sub>, Grasas y Aceites, y Fenoles, entre otros.

Para tomar la decisión de propuesta de la alternativa de tratamiento se tiene en primer lugar que la compañía cuenta actualmente con un proceso de tratamiento general de aguas residuales de tipo químico, pues este cumple con los criterios de Seguridad de Proceso, lo cual es de vital importancia para la organización, además de esto, es una tecnología que está evaluada en \$182.000.000 de pesos. Teniendo en cuenta que las otras tecnologías de tratamiento general como lo son las biológicas no cumplen criterios para que sean aprobadas, igualmente teniendo presente el resultado de la evaluación en donde las tecnologías apropiadas para la adecuación fueron en general las del tipo físico, es decir pretratamiento y encontrando una favorabilidad en las tecnologías de oxidación química y ozonización; a su vez relacionando esto con los puntos críticos encontrados en la

línea base, se propone finalmente un pretratamiento en los puntos críticos encontrados, para mejorar la eficiencia del tratamiento general de aguas residuales. A continuación se describe en forma detallada la propuesta de pretatamiento combinada con oxidación, de los efluentes de los puntos críticos del proceso.

#### 4.3 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA MARGARINAS (PUNTO 5)

En primer lugar se propone un pretratamiento para margarinas (punto 5), debido a que aporta una alta carga contaminante en cuanto a Grasas y Aceites, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables y Fenoles.

4.3.1 Naturaleza del Vertimiento de Margarinas. El agua de margarinas su utiliza básicamente para lavado de líneas de empaque que contienen residuos del producto como agua, grasas, leche, emulsificantes, aditivos y sal. El lavado se hace con ayuda de detergentes ácidos y alcalinos para control microbiano.

**Tabla 34.** Resultado de la caracterización de Margarinas (punto 5)

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	Límite 3957/2009	RESULTADO
DQO total	mg O <sub>2</sub> /L	Reflujo abierto	1500	3150
DBO <sub>5</sub> total	mg O <sub>2</sub> /L	Incubación 5 d	800	1760
Temperatura	°C	Electrométrico	30	25,8
pH	Unidad	Electrométrico	5-9	5,34
Tensoactivos	mg/L	SAAM	10	1,04
Grasas y aceites	mg/L	Extracción Soxhlet	100	212319
Color verdadero, dilución 1/20	UPC	Discos comparativos	50	15
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	Gravimetría	600	6517
Sólidos Sedimentables	ml/L	Sedimentación	2	15
Fenoles totales	mg/L	Extracción cloroformo	0,2	1,4

Parámetros que no cumple

La Tabla 34 muestra el resultado de la caracterización de este punto de vertimiento. El resultado de la caracterización pone en evidencia que los químicos de lavado hacen un gran aporte al DQO y fenoles, la materia orgánica especialmente la leche contribuye al DBO<sub>5</sub>, y las grasas y leche propias del producto hacen un gran aporte a las grasas y aceites y los sólidos suspendidos totales. Estos parámetros son el foco para la propuesta de pretratamiento.

4.3.2 Propuesta de tecnología para el tratamiento de aguas residuales de Margarinas. Teniendo en cuenta la naturaleza del efluente se debe proponer un tratamiento que retenga grasas, sólidos suspendidos y haga una reducción de la DQO, DBO<sub>5</sub> y fenoles. Teniendo presente las alternativas que cumplen con los criterios se plantea un tratamiento compuesto por:

- Trampa de Grasas

Para el diseño de la trampa de grasas para el efluente del punto 5 (Margarinas), se tiene un caudal de 20 m<sup>3</sup>/día, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas presentadas en el capítulo 3, se tiene en primera instancia para el diseño que el caudal es igual a:

$$Q = \frac{V_o}{t}$$

Despejando el volumen, se tiene:

$$V_o = Q * t$$

Teniendo en cuenta que se tienen grasas y aceites emulsionadas, tal como se encuentran en el punto 5 (Margarinas), se trabaja con un tiempo de retención

hidráulica (t) de 60 min y dos veces el caudal promedio en m<sup>3</sup>/min, se halla entonces el volumen del trampagrasas en m<sup>3</sup>.

$$V_o = 0,028 \frac{m^3}{\text{min}} * 60 \text{ min} = 1,67 m^3$$

Según las especificaciones técnicas la profundidad deberá ser como mínimo de 0.8 m, en este caso se elige para el diseño una profundidad de 1,1 m. De igual manera se tiene en cuenta que la relación largo:ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 2:1, entonces teniendo un ancho de 0,87m se tiene que la longitud del tanque es:

$$V_o = \text{Longitud} * \text{Ancho} * \text{profundidad}$$

$$\text{Longitud} = \frac{V_o}{\text{Ancho} * \text{profundidad}} = \frac{1,67 m^3}{0,87 m * 1,1 m} = 1,74 m$$

Se cumple entonces que el largo es dos veces que el ancho. En la Tabla 35 se resume las dimensiones propuestas para el trampagrasas.

**Tabla 35.** Dimensiones propuestas para la trampa de grasas

<b>Q (m<sup>3</sup>/min) (2 veces caudal promedio)</b>	0,028
<b>Tiempo de retención hidráulica (min)</b>	60
<b><i>V<sub>o</sub> Tanque (m<sup>3</sup>)</i></b>	1,67
<b>Profundidad (m)</b>	1,1
<b><i>A (m<sup>2</sup>) superficial</i></b>	1,52
<b><i>Ancho (m)</i></b>	0,87
<b><i>Longitud (m)</i></b>	1,74

- Desarenador

Para el diseño del desarenador para el efluente del punto 5 (Margarinas), básicamente para remover los sólidos en suspensión, se tiene un caudal de 20 m<sup>3</sup>/día. Para el diseño de este equipo se asumen arenas finas teniendo en cuenta para ello un régimen laminar y la ecuación de Stokes:

$$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$$

Teniendo presente que la temperatura del agua de este punto sale de 25,8°C, se tiene en cuenta la viscosidad de ésta a dicha temperatura. De igual manera asumiendo un porcentaje de remoción del 75% y una cámara desarenadora con ausencia de pantallas, se calcula la relación del factor T/t, que corresponde a la relación entre el tiempo de retención en el sedimentador (T) y el tiempo que requiere la partícula para llegar al fondo o la relación entre la velocidad de sedimentación efectiva (Vs) y la velocidad de sedimentación teórica (Vo), relación más conocida como el número de Hazen, que para las condiciones descritas es 3. Además teniendo en cuenta que el tiempo que requiere la partícula en llegar al fondo es:

$$t = \frac{H}{V_s}$$

En donde H es la profundidad útil de sedimentación, se tiene entonces las dimensiones propuestas para el desarenador teniendo en cuenta dos veces el caudal promedio en el punto 5 (margarinas).

**Tabla 36.** Dimensiones propuestas para el desarenador

<b>Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s) (2 veces caudal promedio)</b>	0,0005
<b>Temperatura del fluido (°C)</b>	25,8
<b>Viscosidad Cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s)</b>	8,94X10 <sup>-7</sup>
<b>Diámetro de partícula (mm)</b>	0,05
<b>Relación longitud: Ancho</b>	3:1
<b>Peso específico de la partícula (ps)</b>	2,65
<b>Peso específico del fluido (p)</b>	1,00
<b>Velocidad de sedimentación efectiva (Vs) (m/s)</b>	2,5 X10 <sup>-3</sup>
<b>Profundidad de útil de sedimentación (H) (m)</b>	1,5
<b>Tiempo que requiere la partícula en llegar al fondo (t) (s)</b>	596,5
<b>Tiempo de retención hidráulico (min)</b>	30
<b>Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)</b>	0,8
<b>Área superficial del tanque (As) (m<sup>2</sup>)</b>	0,6
<b>Ancho del tanque (m)</b>	0,4
<b>Largo del tanque (m)</b>	1,3

- Ozonización

Actualmente la planta de tratamiento de aguas cuenta con un equipo de ozonización, debido a que el punto 5 (Margarinas) fue el que presentó la demanda química de oxígeno más alta se propone hacer un traslado del equipo de ozonización de la PTAR a margarinas con el fin de reducir el impacto de este parámetro en el tratamiento general en la PTAR, teniendo presente que con este método se logra una reducción del 50% de la DQO<sup>11</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior se tiene una propuesta de pretratamiento en donde el efluente pasa en primer lugar por una trampa de grasas, luego entra al desarenador y en este recibe el tratamiento de ozonización (ver Figura 29). Además de esto se encuentra la oportunidad de construir este pretratamiento en una caja de inspección que se encuentra en la zona de margarinas, dicha caja

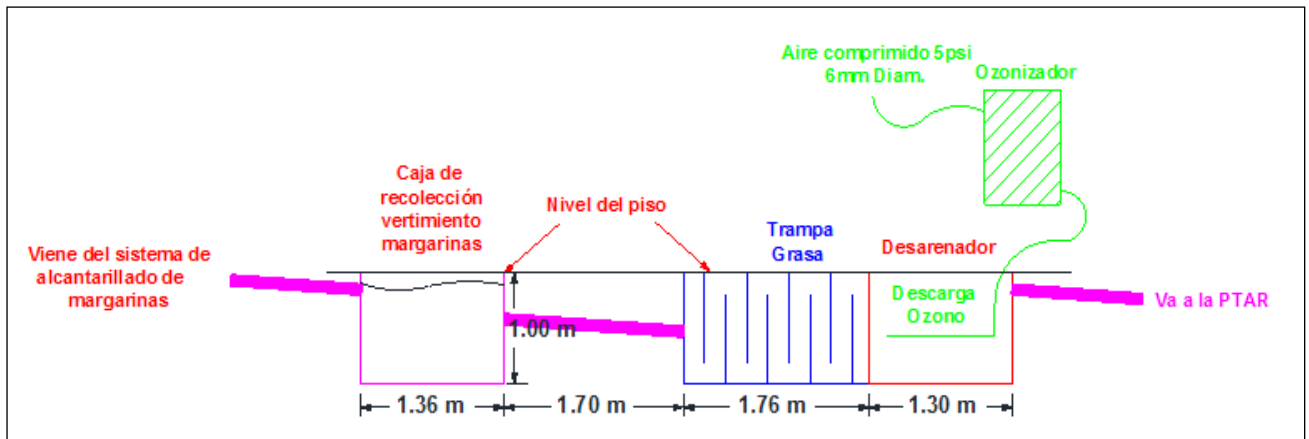
<sup>11</sup> TRUJILLO CUELLAR, Viviana y VARELA REYES, Diana. Implementación de la técnica de ozonización para mejorar la calidad del agua de vertimiento de Acegrasas S.A. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico. Bogotá DC.: Universidad de América. 2009.

tiene unas dimensiones ya establecidas, y por lo tanto se acomodaría el diseño propuesto a estas condiciones, tal como se muestra en la (Tabla 37).

**Tabla 37.** Dimensiones ajustadas del pretratamiento en margarinas

<b>TRAMPA DE GRASAS</b>	
Longitud del tanque (m)	1,76
Ancho (m)	0,88
Profundidad (m)	1
<b>DESARENADOR</b>	
Profundidad de útil de sedimentación (H) (m)	1,5
Tiempo que requiere la partícula en llegar al fondo (t) (s)	596,5
Tiempo de retención hidráulico (min)	30
Volumen del tanque (m <sup>3</sup> )	0,8
Área superficial del tanque (As) (m <sup>2</sup> )	0,6
Ancho del tanque (m)	0,4
Largo del tanque (m)	1,3

**Figura 29.** Esquema de pretratamiento en Margarinas



A continuación se muestra los pasos para operar el pretratamiento en este punto:

4.3.2.1 Ruta de trabajo para la operación de la planta de pretratamiento de aguas de margarinas. Esta actividad se debe hacer a diario.

1. Utilizar los elementos de protección personal EPP (Guantes, Botas, Peto, Protector visual, etc).

2. Verificar que el ozonizador este en correcto funcionamiento.
  - a. Tensión de alimentación 120V.
  - b. Presión de entrada de aire 5 psi.
  - c. Presión de salida de aire 4.5 psi.
  - d. Indicadores encendidos.
  - e. Revisar fugas de ozono (si existen por favor reportar al equipo de mantenimiento).
  - f. Verificar el burbujeo homogéneo en el desarenador.
3. Retirar la grasa de la trampa.
  - a. Sacar de servicio el ozonizador
  - b. Remover la tapa con la precaución necesaria.
  - c. Retirar las grasas.
  - d. Confinarlas en canecas.
  - e. Pesar las canecas en báscula.
  - f. Llevar las canecas en el foso de fundición.
  - g. Colocar la tapa de la trampa con precaución.
4. Retirar las arenas.
  - a. Remover la tapa del desarenador con la precaución necesaria.
  - b. Retirar las arenas.
  - c. Confinarlas en el buggie de lodos.
  - d. Colocar la tapa del desarenador con precaución.
  - e. Poner en servicio el ozonizador.

Por último, se da el costo de inversión inicial de este pretratamiento (ver Tabla 38).

**Tabla 38.** Costo inicial del pretratamiento propuesto en Margarinas

Margarinas							
Equipo	Atributo	Unidad	Cantidad	Costo/unidad	Costo Instalación	Estado	Costo Total
Trampa de Grasa y Desarenador	Inox Sch 10. 2" 1.76 x 1,29	Global	1	\$ 6.000.000,00	\$ 2.000.000	Se requiere instalación y modificación de la caja	\$ 8.000.000
Ozonizador	1Kw/ 8ppm O3	un	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000	Solo se requiere instalación	\$ 1.000.000
Total							\$ 9.000.000

#### 4.4 ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA REFINERÍAS N°1 Y 2 (PUNTOS 3 y 2)

En segundo lugar se propone un pretratamiento para las Refinerías N°1 y 2 (punto 3 y 2), debido a que son los dos puntos críticos restantes y aportan una alta carga contaminante en cuanto a DQO, DBO<sub>5</sub>, Grasas y Aceites y Fenoles.

4.4.1 Naturaleza del Vertimiento de Refinerías N°1 y 2. El agua de las refinerías se utiliza para condensar los gases resultantes del proceso desodorización de las grasas a través de un sistema de vacío. El resultado de la caracterización pone en evidencia que los ácidos grasos resultantes de la refinación, hacen un aporte al parámetro de DQO, DBO, Grasas y Aceites y fenoles, el pH lo aporta la soda caustica agregada a proceso para el control de la corrosión y la temperatura se debe al naturaleza del proceso. La Tabla 39 muestra el resultado de la caracterización de estos puntos de vertimiento.

**Tabla 39.** Resultado de la caracterización de Refinería N°1 y 2 (punto 3 y 2)

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO ANÁLISIS	Límite 3957/2009	RESULTADO	
				REFINERIA N°2	REFINERIA N°1
DQO total	mg O <sub>2</sub> /L	Reflujo abierto	1500	2076	2789
DBO <sub>5</sub> total	mg O <sub>2</sub> /L	Incubación 5 d	800	1216	1824
Temperatura	°C	Electrométrico	30	68,8	30,7
pH	Unidad	Electrométrico	5--3	7,3	10,28
Tensoactivos	mg/L	SAAM	10	0,57	0,13
Grasas y aceites	mg/L	Extracción Soxhlet	100	667	292
Color verdadero, dilución 1/20	UPC	Discos comparativos	50	20	50
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	Gravimetría	600	425	93
Sólidos Sedimentables	ml/L	Sedimentación	2	< 0,2	< 0,2
Fenoles totales	mg/L	Extracción cloroformo	0,2	1,1	12

 Parámetros que no cumple

4.4.2 Propuesta de tecnología para el tratamiento de aguas residuales de Refinerías N°1 y 2. Teniendo en cuenta la naturaleza del efluente se debe proponer un tratamiento que rompa la emulsión del resultado de la condensación de los gases, que retenga las grasas resultantes de la ruptura de la emulsión, y adicionalmente una tecnología que reduzca la concentración de compuestos fenolicos y la DQO, no se tiene en cuenta la temperatura del agua puesto que la PTAR principal posee una torre de enfriamiento y se dejara que este parámetro reciba tratamiento allí.

Antes de proceder a describir las tecnologías que harán parte de este tratamiento, en primer lugar se tiene que debido a que estas Refinerías están muy cerca la una de la otra se propone unir los dos vertimientos en una caja en forma de embudo que ya existe para realizar un sólo pretratamiento a la unión de los dos efluentes. Teniendo presente las alternativas que cumplen con los criterios exigidos se propone un tratamiento para la unión de los dos efluentes compuesto por:

- Oxidación química: aprovechando el pH básico del efluente se propone realizar una oxidación con peróxido de hidrogeno utilizando como catalizador sulfato ferroso inyectado a través de una bomba dosificadora de membrana o peristáltica, dicho tratamiento será inyectado en la línea que llevara la unión de los dos efluentes al tanque donde se romperá la emulsión.
- Rompedor de emulsión: este se inyecta a través de una bomba dosificadora de membrana o peristáltica en un tanque con agitación, para este se modificará un tanque que se encontraba en almacenamiento para proceso de chatarrización, las dimensiones de este tanque se muestran en la Tabla 40.

**Tabla 40.** Dimensiones del tanque del rompedor de emulsión

<b>Diámetro (m)</b>	1
<b>Profundidad (m)</b>	1,6
<b>Vo Tanque (m<sup>3</sup>)</b>	1,26

- Trampa de grasas

Para el diseño de la trampa de grasas de la unión de los dos efluentes (Refinería N°1 y 2), se tiene un caudal de 50 m<sup>3</sup>/día, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas descritas en el capítulo 3. En primera instancia se tiene que el caudal es igual a:

$$Q = \frac{Vo}{t}$$

Despejando el volumen, se tiene:

$$Vo = Q * t$$

Se trabaja con un tiempo de retención hidráulica (t) de 60 min y dos veces el caudal promedio en m<sup>3</sup>/min, se halla entonces el volumen de la trampa de grasas en m<sup>3</sup>.

$$V_o = 0,069 \frac{m^3}{min} * 60 min = 4,17m^3$$

Según las especificaciones técnicas la profundidad deberá ser como mínimo de 0.8 m, en este caso se elige una profundidad de 1,1 m. De igual manera se tiene en cuenta que la relación largo:ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 2:1, entonces teniendo un ancho de 1,38m se tiene que la longitud del tanque es:

$$V_o = Longitud * Ancho * profundidad$$

$$Longitud = \frac{V_o}{Ancho * profundidad} = \frac{4,17m^3}{1,38m * 1,1m} = 2,75m$$

Se cumple entonces que el largo es dos veces que el ancho. En la Tabla 41 se resume las dimensiones propuestas para el trampagrasas.

**Tabla 41.** Dimensiones propuestas para la trampa de grasas

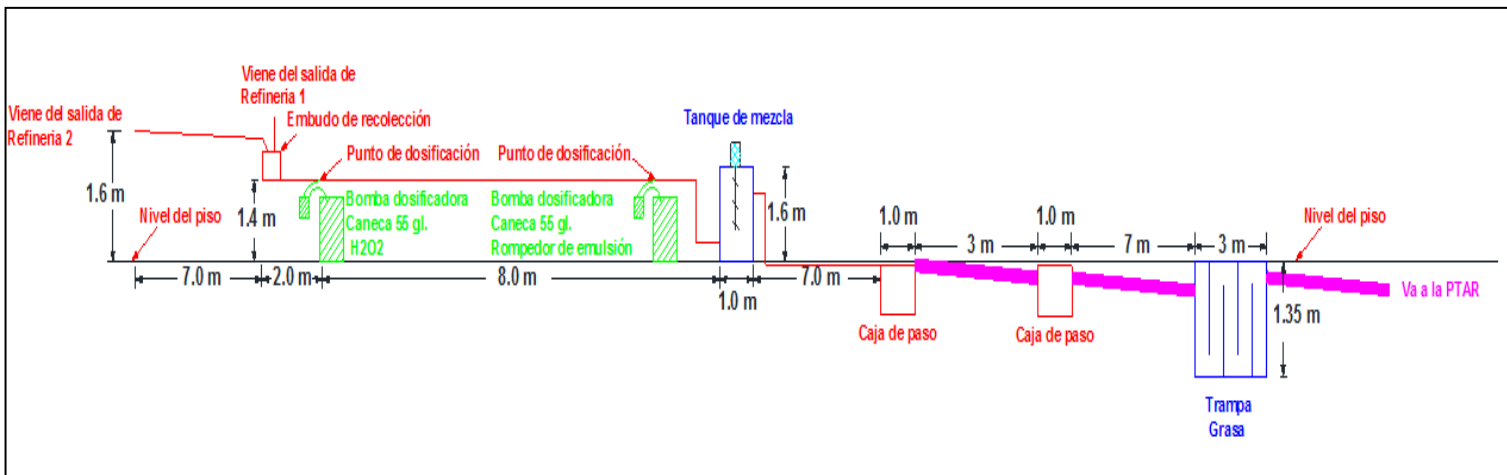
<b>Q (m<sup>3</sup>/min) (2 veces caudal promedio)</b>	0,069
<b>Tiempo de retención hidráulica (min)</b>	60
<b><i>V<sub>o</sub> Tanque (m<sup>3</sup>)</i></b>	4,17
<b>Profundidad (m)</b>	1,1
<b><i>A (m<sup>2</sup>) superficial</i></b>	3,79
<b><i>Ancho (m)</i></b>	1,38
<b><i>Longitud (m)</i></b>	2,75

Teniendo en cuenta lo anterior se tiene una propuesta de pretratamiento en donde los dos efluentes se unirán en una caja en forma de embudo, para recibir el mismo pretratamiento, en la línea que llevará dichos efluentes se dosificará el oxidante químico aprovechando el pH básico que hace que este funcione mejor, luego llegaran a un tanque en donde se dosificará el rompedor de emulsión y por último pasaran a la trampa de grasas (Ver Figura 30). Además de esto se tiene la oportunidad de aprovechar una caja de inspección, en la zona de Refinerías en donde se construiría la trampa de grasas propuesta, dicha caja tiene unas dimensiones ya establecidas, y por lo tanto se acomodaría el diseño propuesto de la trampa de grasas a estas condiciones, tal como se muestra en la (Tabla 42).

**Tabla 42.** Dimensiones ajustadas de la trampa de grasas en Refinerías N°1 y 2

TRAMPA DE GRASAS	
Longitud del tanque (m)	3
Ancho (m)	1,5
Profundidad (m)	1,35

**Figura 30.** Esquema de pretratamiento en Refinerías N°1 y 2



A continuación se muestra los pasos para operar el pretratamiento en este punto:

4.4.2.1 Ruta de trabajo para la operación de la planta de pretratamiento de aguas de Refinerías. Esta actividad se debe hacer a diario.

1. Utilizar los elementos de protección personal EPP (Guantes, Botas, Peto, Protector visual, etc).
2. Verificar el correcto funcionamiento del sistema de dosificación del Peróxido de hidrógeno catalítico.
  - a. Verificar posibles fugas (Si existen detener el sistema de bombeo y avisar al departamento SISO para tomar las medidas necesarias).
  - b. Verificar el nivel de químico (si el nivel esta bajo programar el cambio de la caneca).
  - c. Verificar que la bomba dosificadora este en correcto funcionamiento. (este cargada y dosificando la cantidad establecida).
  - d. Tomar una muestra de fenoles para determinar la calidad de oxidación.
3. Verificar el correcto funcionamiento del sistema de dosificación del rompedor de emulsión.
  - a. Verificar posibles fugas (Si existen detener el sistema de bombeo y avisar al departamento SISO para tomar las medidas necesarias).
  - b. Verificar el nivel de químico (si el nivel esta bajo programar el cambio de la caneca).
  - c. Verificar que la bomba dosificadora este en correcto funcionamiento. (este cargada y dosificando la cantidad establecida).
  - d. Tomar el pH a la entrada del tanque de mezcla.
4. Retirar la grasa de la trampa.
  - a. Sacar de servicio los sistemas de bombeo de químicos.

- b. Remover la tapa con la precaución necesaria.
- c. Retirar las grasas.
- d. Confinarlas en canecas.
- e. Pesar las canecas en báscula.
- f. Llevar las canecas en el foso de fundición.
- g. Colocar la tapa de la trampa con precaución.
- h. Poner en servicio los sistemas de bombeo de químicos.

Por último, se da el costo de inversión inicial de este pretratamiento (ver Tabla 43).

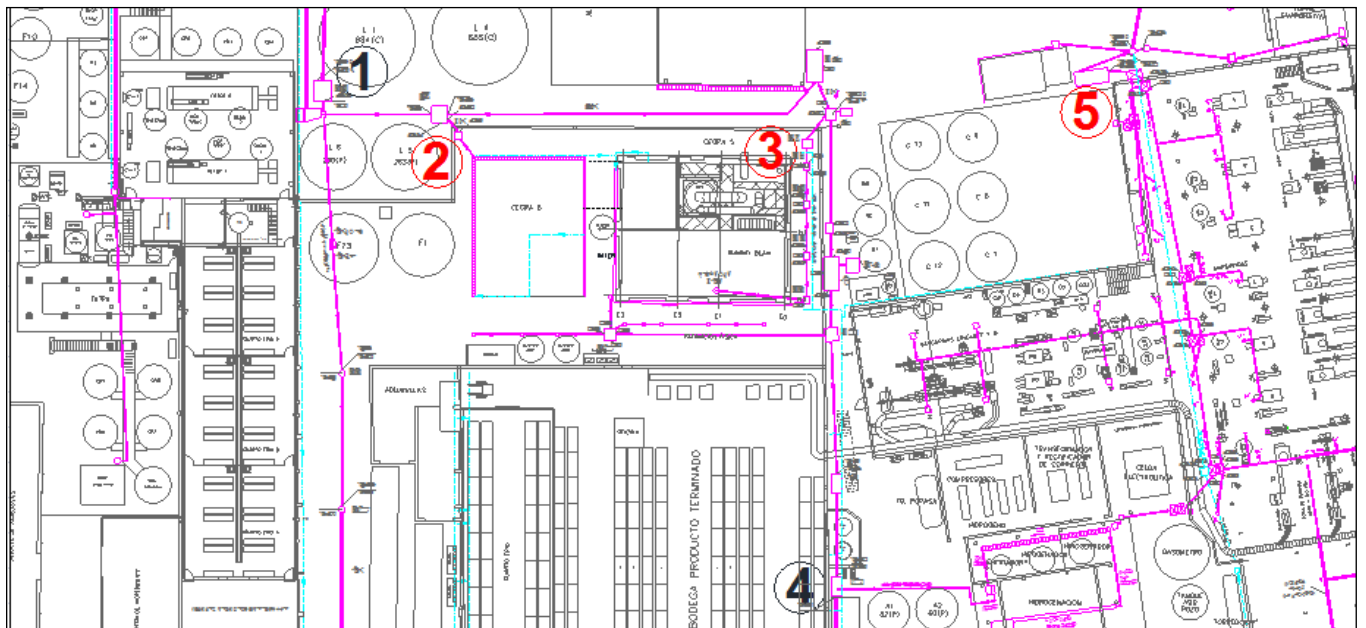
**Tabla 43.** Costo inicial del pretratamiento propuesto en Refinerías N°1 y 2

Refinerías							
Equipo	Atributo	Unidad	Cantidad	Costo/unidad	Costo Instalación	Estado	Costo Total
Tubería salida Refinería 2 hasta embudo	Inox Sch 10. 2"	ml	7	\$ 10.000	\$ 40.000	Solo falta Instalación	\$ 280.000
Válvula control de salida refinería	Inox 2" Palanca	un	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Ya está instalada	\$ -
Embudo llegada refinerías 1 y 2	Inox Sch (10 10x10 x10) cm	un	1	\$ 10.000	\$ 100.000	Ya está instalada	\$ -
Bomba dosificadora H202	Nitrilo 1 gl/min	un	1	\$ 2.000.000	\$ 200.000	No está, se debe incluir conexión de 1/2"	\$ 2.200.000
Bomba dosificadora Rompedor Emulsión	Nitrilo 1 gl/min	un	1	\$ 2.000.000	\$ 200.000	No está, se debe incluir conexión de 1/2"	\$ 2.200.000
Válvula control de salida embudo	Inox 2" Palanca	un	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Ya está instalada	\$ -
Tubería salida embudo a tq de mezcla	Inox Sch 10. 2"	ml	8	\$ 10.000	\$ 40.000	Solo falta Instalación	\$ 320.000
Tanque de mezcla	Inox Sch 10. 2" 1.6m x 1 m diam	un	1	\$ 3.000.000	\$ 1.000.000	Solo falta instalación mecánica y eléctrica	\$ 1.000.000
Tubería salida tq de mezcla a caja de paso	Inox Sch 10. 2"	ml	7	\$ 10.000	\$ 40.000	Ya está instalada, requiere reforma	\$ 200.000
Trampa de grasa	Inox Sch 10. 2"	global	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	Se retomo de un proceso, solo falta instalación	\$ 2.000.000
Total							\$ 8.200.000

Finalmente se muestra la ubicación de los efluentes de los puntos analizados, en donde los puntos rojos fueron los efluentes de los puntos críticos encontrados, en

el punto 5 se ubicará el pretratamiento de Margarinas y en el punto 3 se ubicará el pretratamiento de la unión de los dos efluentes de Refinerías N°1 y 2 (Ver Figura 31).

**Figura 31.** Ubicación de los dos pretratamientos en la planta Team Foods Colombia SA (planta Bogotá DC)



Con los pretratamientos propuestos se espera reducir la carga contaminante de los efluentes que llegan a la PTAR, trayendo como consecuencia la disminución del consumo de los químicos utilizados en ésta, pues el tratamiento a realizar será de un efluente con unas características más favorables y un aporte menor de contaminación al tratamiento, esto a su vez dará la ventaja para próximas legislaciones que como se puede ver en la propuesta de legislación futura distrital (Ver Anexo C), cada vez serán más exigentes en cuanto a los parámetros de calidad de los efluentes. Además se presenta la ventaja de reciclar las grasas al proceso evitando el costo que se tiene por pérdida de grasas en la PTAR donde estas quedan confinadas en los lodos como un residuo del proceso y no como una ventaja de aprovechamiento.

## CONCLUSIONES

- Se identificaron 5 puntos de muestreo, teniendo en cuenta las rutas del sistema de alcantarillado de la fábrica los cuales se caracterizaron basados en la Tabla B de la resolución 3957 de 2009 obteniendo la línea base.
- Se determinó por medio de los diagramas de pareto, que el 80% de los problemas eran causados por los efluentes de los puntos 5, 3 y 2, es decir, Margarinas y Refinería N°1 y 2, debido a que en el proceso de refinación se tienen residuos de ácidos grasos que hacen que el efluente que sale de allí tenga problemas con el parámetro de DQO, DBO, grasas y aceites, fenoles y temperatura, al igual que en la etapa de Margarinas donde se realizan lavados de desinfección a los tanques y tuberías tres veces en el día, semanalmente y antes de cada preparación, teniendo residuos de grasa, leche, suero, calcio y de las sustancias usadas en el lavado.
- Se plantearon diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales, que pueden ser aplicados a la empresa, basados en la naturaleza de los vertimientos a tratar y a experiencias de plantas de tratamiento de aguas residuales del mismo sector, estos son de tipo físico, químico, biológico y emergente.
- Se evaluaron los diferentes tipos de tecnologías basados en criterios generales de seguridad de proceso (políticas de la compañía y cumplimiento de la legislación), criterios técnicos de diseño (implementación a la realidad de la empresa y atributos mínimos exigidos por la empresa) y criterios económicos (basados en el presupuesto y costos que se tiene para la planta de tratamiento de aguas) usando la técnica del semáforo y haciendo una valoración conceptual por cada clasificación de

las tecnologías, es decir de las tecnologías de pretratamiento, tratamiento químico, tratamiento biológico y tecnologías emergentes.

- Debido a que la alta dirección sólo aprobaría una propuesta que cumpla con todos los criterios y garantice que no habrá contaminación cruzada, generación de vectores entre otros, es decir, garantice todas las condiciones expuestas dentro de su política de gestión de calidad y ambiental, no se podrían proponer tecnologías de tipo biológicas, o un humedal artificial pues estas incumplen con criterios. Teniendo presente el resultado de la evaluación en donde las tecnologías apropiadas para la adecuación fueron en general las del tipo físico, es decir pretratamiento y encontrando una favorabilidad en las tecnologías de oxidación química y ozonización; a su vez relacionando esto con los puntos críticos encontrados en la línea base, se propone finalmente un pretratamiento combinado con tecnología de oxidación, a los efluente de los puntos críticos encontrados, para mejorar la eficiencia del tratamiento general de aguas residuales.
- Se propuso un pretratamiento para el punto crítico Margarinas (punto 5), compuesto por una trampa de grasas, un desarenador y un sistema de oxidación, del mismo modo se presentó las dimensiones que deberá tener la tecnología y unos pasos de operación para ejecutarla.
- Teniendo en cuenta la cercanía de los efluentes de los puntos críticos Refinería N°1 y 2 (punto 3 y 2), se presentó una propuesta general para la unión de estos dos efluentes, compuesta en primer lugar por la unión de los dos vertimientos en un embudo de recolección, luego de esta unión el paso por una línea donde se dosificará el oxidante químico aprovechando el pH básico que presentan los efluentes, después el paso por un tanque de mezcla en donde se dosificará el rompedor de emulsión y por último el paso

por una trampa de grasas. Igualmente se presentó las dimensiones que deberá tener las tecnologías y unos pasos de operación para su ejecución.

- Con los pretratamientos propuestos se espera disminuir la carga contaminante de los efluentes de los puntos críticos del proceso, haciendo más eficiente el tratamiento general en la PTAR existente, disminuyendo consumos de químicos para el tratamiento y asimismo esperando poder reciclar las grasas retenidas en las trampas de grasas de los dos pretratamientos, para su posterior procesamiento. Además de esto, mejorando la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, se tiene una ventaja para próximas legislaciones, en las cuales serán más exigentes con los parámetros de calidad de los residuos líquidos.
- Se recomienda hacer un estudio experimental de planta piloto del pretratamiento para las Refinerías, en cuanto a la dosificación adecuada tanto del oxidante químico más catalizador como del rompedor de emulsión, además del tiempo indicado de retención.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANA YSA, VLADIMIR. Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales. En: Foro Ciudades para la vida (Octubre, Lima, Perú). 2009.

ARBOLEDA VALENCIA, J. Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Lima: CEPIS, 1973.

ARIAS, Carlos A. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En: Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2003.

CAICEDO MESSA, Francisco Javier. Diseño, construcción y arranque de un reactor UASB piloto para el tratamiento de Lixiviados. Documento presentado para optar al título de Especialista en Ingeniería Ambiental. Manizales: Universidad Nacional Sede Manizales. 2006

COLLAZOS, Carlos Julio. Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales [online] 2008 [citado el 18 de octubre de 2011], Disponible en internet: <[http://www.ing.unal.edu.co/catedra/drs\\_diaz\\_collazos/TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DOMESTICAS%20E%20INDUSTRIALES.pdf](http://www.ing.unal.edu.co/catedra/drs_diaz_collazos/TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DOMESTICAS%20E%20INDUSTRIALES.pdf) >

COLOMBIA, ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ. Resolución 3957 (2009). Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital. Bogotá DC: Secretaria Distrital de Ambiente, 2009.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO Documentación Técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá DC: El Ministerio, 2000.

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE-REGION METROPOLITANA. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, Fabricación de grasas y aceites vegetales y subproductos. Santiago, 1998.

DA CÁMARA, Lesly. Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de Gestión Ambiental: requisitos con orientación para su uso. NTC- ISO 14001. Bogotá DC.:El Instituto, 2004.

LLAGAS CHAFLOQUE, Wilmer Alberto y GUADALUPE GOMEZ, Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. En: Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 2006. Vol. 15, no.17.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín: COLDI, 2009.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima: CEPIS, 2005.

RODRIGUEZ FERNANDEZ-ALBA, Antonio, *et al.* Informe de Vigilancia Tecnológica, Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid: CITME.



ROMERO, José María, *et al.* Modelos matemáticos para biodiscos. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba.

TRUJILLO CUELLAR, Viviana y VARELA REYES, Diana. Implementación de la técnica de ozonización para mejorar la calidad del agua de vertimiento de Acegrasas S.A. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico. Bogotá DC.: Universidad de América. 2009.

UNIDAD DE APOYO TÉCNICO PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL. Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa. Lima: CEPIS, 2003.

## ANEXOS

### Anexo A. CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES

 <b>LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.</b> Ambiente e Industria Nit. 800.252.774-5								
INFORME-97 CALIDAD GR-PJ 008-97								
Bogotá, 10 de enero de 2012.								
Ingeniero <b>LEONARDO SÁNCHEZ</b> Jefe de Mantenimiento <b>ALIANZA TEAM S.A.</b> Teléfono: 7709000 E-mail: lsanchez@team.foods.com. Bogotá, D.C.								
 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES Laboratorio Acreditado NTC-ISO 17025:2005 Resolución N° 2070 de Agosto 16 de 2011.								
<b>IDENTIFICACIÓN MUESTRA</b>								
ORDEN DE SERVICIO	: Lab. 1642							
MATRIZ	: Agua Residual Industrial							
FECHA MUESTREO	: 20 de diciembre de 2011.							
PUNTO DE MUESTREO	: P1-Patío recibo materia prima (AG 5184) P2-Cegra 6 (AG 5185) : P3-Cegra 5 (AG 5186) P4-Hidrogenación (AG 5187) P5-Margarina (AG 5188)							
TIPO DE MUESTREO	: Puntual							
RECEPCIÓN MUESTRA	: 20 de diciembre de 2011							
FECHA DE ANÁLISIS	: 20 de diciembre de 2011 - 10 de enero de 2012							
IDENTIFICACIÓN MUESTRA	: AG 5184, AG 5185, AG 5186, AG 5187, AG 5188.							
OBSERVACIÓN	: <b>Muestra tomada por el Laboratorio siguiendo procedimiento preparación de muestreos, matriz agua CALIDAD CAD-PMMA</b>							
<b>RESULTADO DE ANÁLISIS</b>								
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO NÚMERO	MÉTODO ANÁLISIS	RESULTADO				
				PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
DQO total	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5220B	Reflujo abierto	1278	2076	2789	865	3150
DBO <sub>5</sub> total	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5210B	Incubación 5 d	1120	1216	1824	661	1760
Temperatura	°C	SM 2550B	Electrométrico	25,4	68,8	30,7	29	25,8
pH	Unidad	SM 4500H+B	Electrométrico	6,18	7,30	10,28	11	5,34
Tensoactivos	mg/L	SM 5540C	SAAM	3,0	0,57	0,13	3,4	1,04
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520D	Extracción Soxhlet	1638	667	292	1347	212319
Color verdadero, dilución 1/20	UPC	-	Discos comparativos	15	20	50	20	15
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SM 2540D	Gravimetría	361	425	93	334	6517
Sólidos Sedimentables	ml/L	SM 2540F	Sedimentación	0,3	< 0,2	< 0,2	1	15
Fenoles totales	mg/L	SM 5530B,C	Extracción cloroformo	0,48	1,1	12	0,39	1,4
Se siguió : " <b>STANDARD METHODS</b> for the examination of water and wastewater" 21 <sup>th</sup> Edition de 2005. NOTA: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas. La reproducción parcial de este informe queda sujeta a la aprobación por escrito del Laboratorio Quimicontrol Ltda. Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.								
CONSTANTINO N. ZULOAGA MOYA Químico, Matrícula Profesional PC 4477 Especialista en Consultoría Ambiental				Página 1 de 3 78 J No. 40 B 52 sur. . Telefax: 273 8457. Tels: 403 0613 - 704 7549 E-mail: laboratorioquimicontroltda@gmail.com, servicios@laboratorioquimicontrol.com, www.laboratorioquimicontrol.com Bogotá - Colombia				



## UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



**Fotografía 10.** Punto 4. Hidrogenación  
**Autor:** Laboratorio Quimicontrol Ltda.



**Fotografía 11.** Punto 4. Medición de parámetros "In-Situ"  
**Autor:** Laboratorio Quimicontrol Ltda.



**Fotografía 12.** Punto 4. Medición de parámetros "In-Situ"  
**Autor:** Laboratorio Quimicontrol Ltda.



**Fotografía 13.** Punto 5. Margarina  
**Autor:** Laboratorio Quimicontrol Ltda.

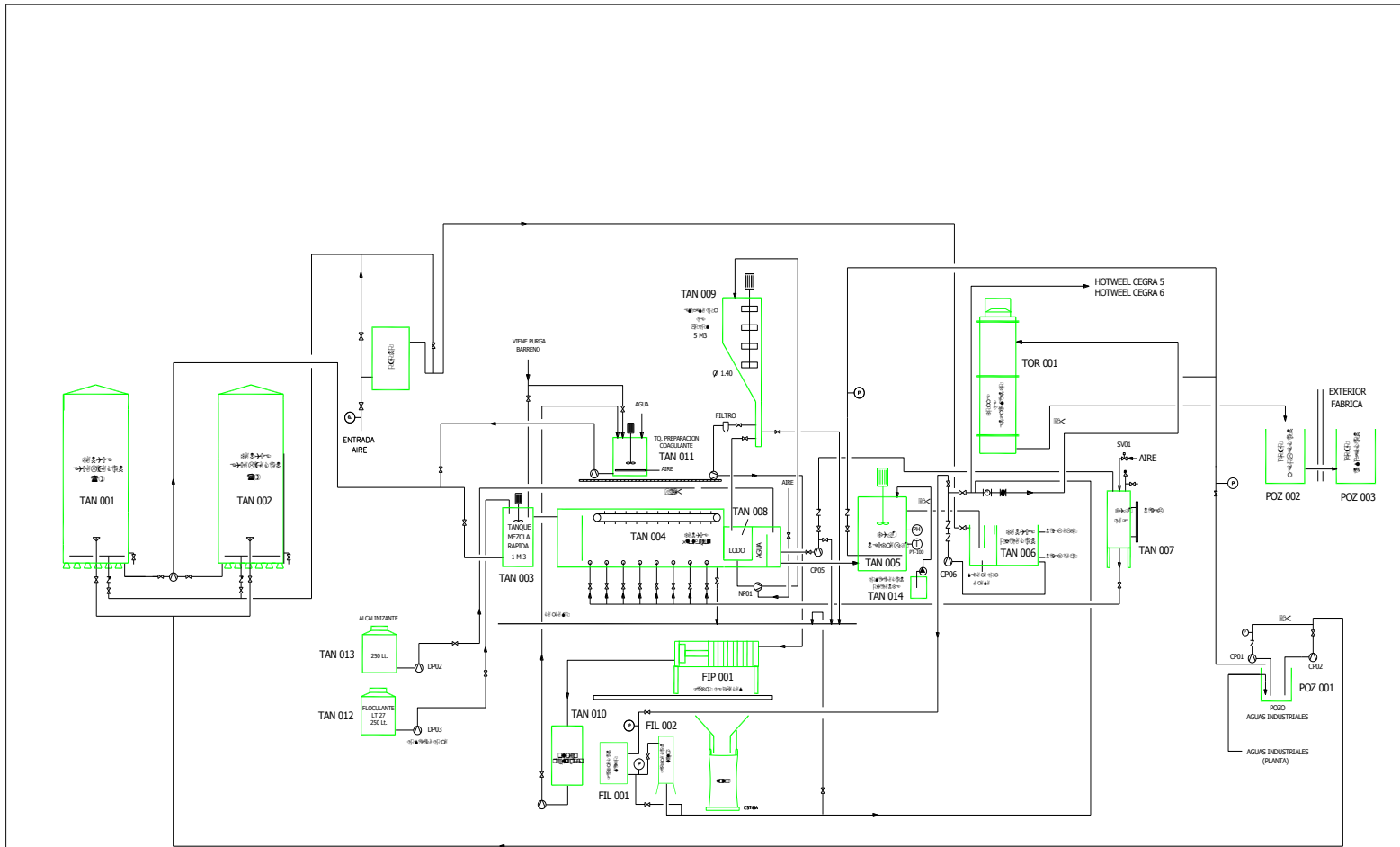


**Fotografía 14.** Punto 5. Medición de parámetros "In-Situ"  
**Autor:** Laboratorio Quimicontrol Ltda.

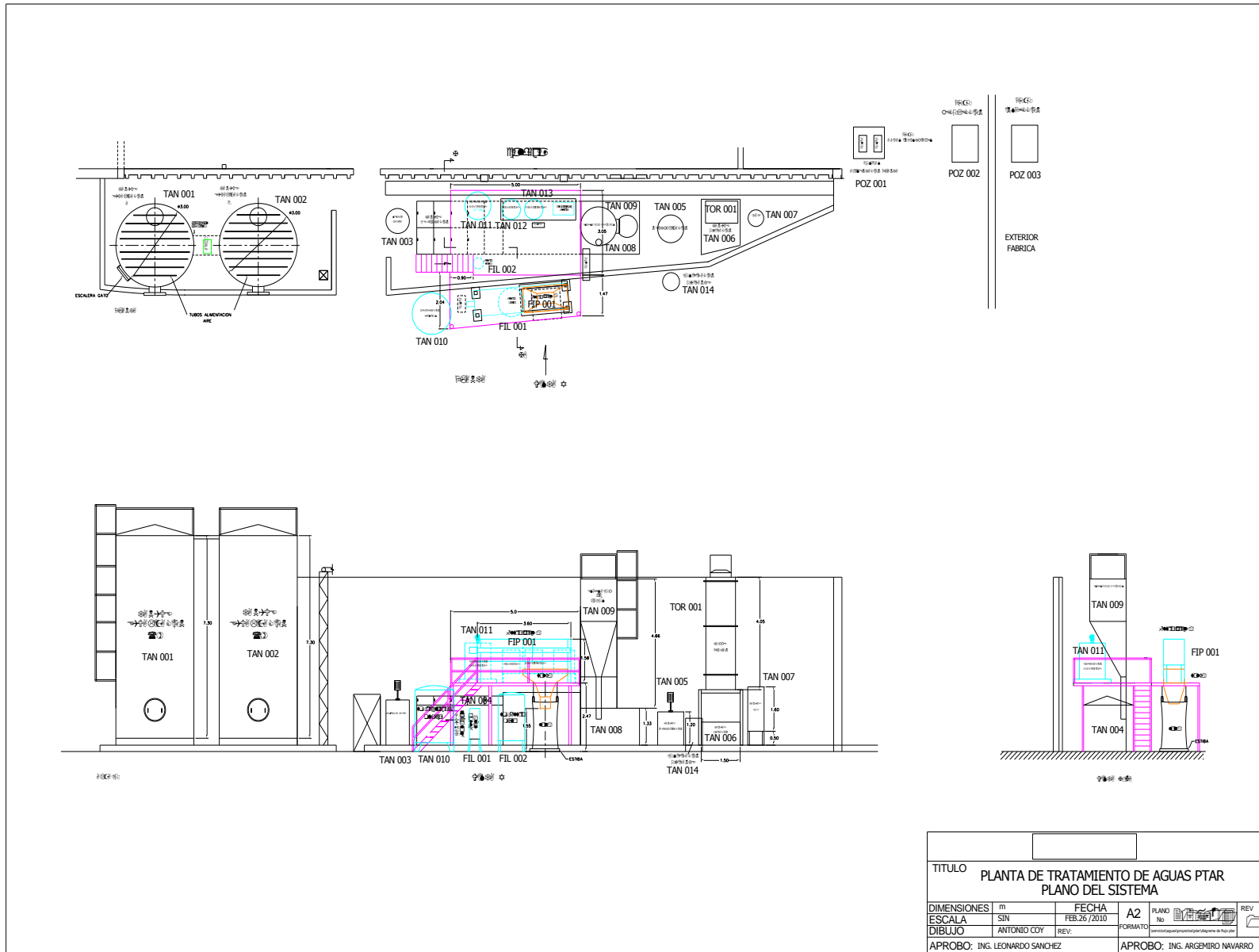


**Fotografía 15.** Punto 5. Toma de muestra  
**Autor:** Laboratorio Quimicontrol Ltda.

# Anexo B. PLANO PTAR DE TEAM FOODS COLOMBIA SA (PLANTA BOGOTÁ D.C)



TITULO		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PTAR		DIAGRAMA DE FLUJO	
DIMENSIONES	m	FECHA	FEB. 26/2010	PLANO	No.
ESCALA	SIN	REV.	ANTONIO COY	FORMATO	A2
DIBUJO		APROBO:	ING. LEONARDO SANCHEZ	APROBO:	ING. ARGEMIRO NAVARRO



## Anexo C. PROUESTA V1.0 DE LEGISLACIÓN FUTURA DISTRITAL

REPUBLICA DE COLOMBIA



### MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

#### RESOLUCIÓN NÚMERO

( )

"Por la cual se establecen las normas y los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas continentales superficiales de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicio y se dictan otras disposiciones"

#### EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas en el Numeral 25 del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, y

#### CONSIDERANDO:

Que el Artículo 49 de la Constitución Política establece que el saneamiento ambiental es un servicio público a cargo del Estado.

Que los Artículos 79 y 80 de la Constitución Política establecen como obligación del Estado, proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que de acuerdo con artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijar los parámetros y los límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillados público y al suelo.

Además, establece que el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial dentro de los dos (2) meses, contados a partir de la fecha de publicación del Decreto, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público...

Que de acuerdo con el artículo 29 ibídem, la autoridad ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, podrá fijar valores más restrictivos a la norma de vertimiento que deben cumplir los vertimientos al cuerpo de agua o al suelo.

Así mismo, la autoridad ambiental competente podrá exigir valores más restrictivos en el vertimiento, a aquellos generadores que aún cumpliendo con la norma de vertimiento, ocasionen concentraciones en el cuerpo receptor, que excedan los criterios de calidad

"Por la cual se establecen las normas y los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas continentales superficiales de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicio y se dictan otras disposiciones"

para el uso o usos asignados al recurso. Para tal efecto, deberá realizar el estudio técnico que lo justifique.

Que de acuerdo con el artículo 76 del Decreto 3930 de 2010 y de conformidad con el numeral 25 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fijará los límites máximos permisibles de vertimientos al recurso hídrico, los alcantarillados y el suelo.

Que de acuerdo con el artículo 62 del Decreto 3930 de 2010, se definen los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos – PRTLGV y conforme al numeral 14 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial definirá los procedimientos para su implementación y aplicación por parte de los generadores de vertimientos que desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicio.

En mérito de lo expuesto,

#### RESUELVE:

#### CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

**ARTÍCULO 1. Objeto.** La presente Resolución establece las normas y los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas continentales superficiales.

**Parágrafo.** De manera transitoria, las disposiciones de la presente Resolución para los vertimientos puntuales de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios en el territorio nacional a los cuerpos de agua continentales superficiales, se aplicarán para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas y para el suelo, hasta tanto el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial publique las resoluciones específicas establecidas en el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010.

**ARTÍCULO 2. Definiciones.** Para los fines de la presente Resolución se adoptan las definiciones y acrónimos contenidos en el Anexo 1.

**ARTÍCULO 3. Ámbito de aplicación.** Las disposiciones de la presente Resolución, se establecen para los vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas continentales superficiales de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios en el territorio nacional.

#### CAPÍTULO II PARÁMETROS A MONITOREAR EN LOS VERTIMIENTOS

**ARTÍCULO 4. Parámetros a monitorear en los Vertimientos.** En la Tabla 1 1 se establecen los parámetros que debe monitorear cada generador de vertimientos puntuales según la actividad industrial, comercial o de servicio que desarrolla.

"Por la cual se establecen las normas y los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas continentales superficiales de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicio y se dictan otras disposiciones"

Sección	Clase	Actividad Industrial, Comercial o de Servicios	Parámetros a Monitorear
	1521	Procesamiento y conservación de frutas, legumbres y hortalizas.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Cloruros (Cl), Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).
	1522	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal.	
	1530	Elaboración de productos lácteos.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Cloruros (Cl), Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).
	1541	Elaboración de productos de molinería.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Cloruros (Cl), Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).
	1542	Elaboración de almidones y productos derivados del almidón.	
	1543	Elaboración de alimentos preparados para animales.	
	1561	Trilla de café.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Cloruros (Cl), Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).
	1562	Descafeinado.	
	1564	Elaboración de otros derivados del café.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, SAAM.
	1571	Fabricación y refinación de azúcar	
	1572	Fabricación de panela.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Cloruros (Cl), Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).
	1581	Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería.	
	1582	Elaboración de productos de panadería.	
	1583	Elaboración de macarrones, fideos, alucuzcuz y productos farináceos similares.	
	1589	Elaboración de otros productos alimenticios ncp.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Cloruros (Cl), Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ).
	1591	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas.	
	1592	Elaboración de bebidas fermentadas no destiladas.	
	1593	Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas.	
	1594	Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se), Vanadio (V), Zinc (Zn), Color.
	1710	Preparación e hilatura de fibras textiles.	
	1720	Tejedura de productos textiles.	
	1730	Acabado de productos textiles no producidos en la misma unidad de producción.	
	1742	Fabricación de tapices y alfombras para pisos.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se), Vanadio (V), Zinc (Zn), Color.
	1743	Fabricación de cuerdas, cordeles, cables, bramantes y redes.	
	1749	Fabricación de otros artículos textiles ncp.	
	1820	Adobo y teñido de pieles; fabricación de artículos de piel.	DBOs, DQO, SST, SSED, Grasas y Aceites, Fenoles, SAAM, Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ), Sulfuros ( $S^{2-}$ ), Cromo (Cr), Cromo Hexavalente ( $Cr^{6+}$ ), Color.

"Por la cual se establecen las normas y los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas continentales superficiales de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicio y se dictan otras disposiciones"

en la presente Resolución, a los generadores de vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas y a su vez, el cumplimiento de los valores límite máximos permisibles para dichos parámetros, considerando para ello la gradualidad establecida en la presente Resolución, y sustentando sus decisiones en estudios técnicos.

Los parámetros y el valor límite máximo permisible en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas y no domésticas de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios a cuerpos de aguas continentales superficiales, corresponderán a los necesarios para alcanzar los Objetivos de Calidad del recurso definidos por la Autoridad Ambiental competente y en ningún caso los valores pueden ser superiores a los establecidos en la presente Resolución.

Para los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas y no domésticas de generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios a cuerpos de agua continentales superficiales o los tramos de los mismos, en donde la Autoridad Ambiental competente no haya fijado los Objetivos de Calidad, ni Metas de Descontaminación del Recurso a la entrada en vigencia de la presente Resolución, no deben superarse los valores límite máximos permisibles de los parámetros establecidos en la presente Resolución, hasta tanto se efectúe la definición específica de los mismos.

### CAPÍTULO III

#### VALORES LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS EN VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS A ALCANTARILLADOS PÚBLICOS

**ARTÍCULO 8. Valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a alcantarillados públicos.** A continuación se establecen, en la Tabla 3, los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a alcantarillados públicos, para los generadores de vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas que desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios contempladas en la presente Resolución.

**Tabla 3.** Valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a alcantarillados públicos.

PARÁMETRO	UNIDADES	INSTALACIÓN EXISTENTE	INSTALACIÓN NUEVA
<b>Generales</b>			
pH	Unidades de pH	5,0 a 9,0	
Temperatura	°C	Menor a 30,0 °C	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	800,0	600,0
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	10,0	2,0
Grasas y Aceites	mg/L	100,0	20,0
Fenoles	mg/L	0,2	
Formaldehído (CH <sub>2</sub> O)	mg/L	10,0	
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	8,0	5,0
<b>Hidrocarburos</b>			
Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP)	mg/L	10,0	5,0
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP)	mg/L	1,0	0,1
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	µg/L	100,0	20,0

## Anexo D. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

### CAPÍTULO A.3

#### A.3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

##### A.3.1 NIVELES DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.

(Artículo

11)

Para todo el territorio nacional se establecen los siguientes niveles de complejidad:

1. Bajo
2. Medio
3. Medio Alto
4. Alto

La clasificación del proyecto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en la tabla A.3.1.

TABLA A.3.1  
Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana <sup>(1)</sup> (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios <sup>(2)</sup>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Notas : (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

##### A.3.2 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA. (Artículo 12)

La asignación del nivel de complejidad de todo proyecto objeto del presente Reglamento es de obligatorio cumplimiento y **debe** hacerse según las siguientes disposiciones:

1. La población que **debe** utilizarse para clasificar el nivel de complejidad corresponde a la proyectada en la zona urbana del municipio en el periodo de diseño de cada sistema o cualquiera de sus componentes. **Debe** considerarse la población flotante.
2. El nivel de complejidad del sistema adoptado **debe** ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población urbana y la capacidad económica. La clasificación anterior solamente puede ser superada si se demuestra que el grado de exigencia técnica es alto y cumple con el requisito 3 del literal A.3.3.
3. En ningún caso se permite la adopción de un nivel de complejidad del sistema más bajo que el establecido según los anteriores numerales.
4. Para determinar la capacidad económica de los usuarios debe utilizarse alguna de las siguientes metodologías:

## Anexo E. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PEROXIDO DE HIDRÓGENO

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PEROXIDO DE HIDROGENO				
 <p>Rótulo NFPA</p>				 <p>Rótulos UN</p>
Fecha Revisión: 21/03/2005				
SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA				
<b>Nombre del Producto:</b>	PEROXIDO DE HIDROGENO			
<b>Sinónimos:</b>	Dióxido de hidrógeno.			
<b>Fórmula:</b>	H2O2			
<b>Número interno:</b>				
<b>Número UN:</b>	2015			
<b>Clase UN:</b>	5.1			
<b>Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:</b>	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.			
<b>Teléfonos de Emergencia:</b>				
SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES				
COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Peróxido de hidrógeno	7722-84-1	1.4 mg/m3 (1 ppm) (ACGIH 2004)	N.R. (ACGIH 2004)	> 90
<b>Uso:</b>	Blanqueadores de textiles, alimentos, papel, en la producción de químicos, plásticos, farmacéuticos, electroplateado, tratamiento de agua, refinado y limpieza de metales, combustible de cohetes, caucho para espuma, antiséptico, agente neutralizante en la destilación del vino, desinfectante de semillas.			
SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS				
<b>VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:</b>				
¡Peligro! Oxidante fuerte. Corrosivo. Al contacto con otro material puede causar fuego. Puede ser dañoso si es ingerido. Puede causar efectos en el Sistema nervioso central, anomalías en la sangre, irritación severa en los tractos respiratorio y digestivo e irritación en la piel con posibles quemaduras. Al contacto con los ojos puede dar lugar a daños permanentes.				
<b>EFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:</b>				
<b>Inhalación:</b>	Sensación de ardor en la garganta, tos. Posible paro respiratorio y edema pulmonar.			
<b>Ingestión:</b>	Corrosivo. Ardor en la garganta, dolor en el pecho, vómito, hemorragias. La formación espontánea de oxígeno en el esófago o estómago puede ocasionar heridas.			
<b>Piel:</b>	Corrosivo a concentraciones mayores del 10%. Blanqueamiento de la piel y picazón.			
<b>Ojos:</b>	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa. Puede causar daños irreparables en la retina y eventualmente ceguera. Efectos retardados hasta 1 semana después.			
<b>Efectos crónicos:</b>	El contacto prolongado o repetido con la piel puede causar dermatitis. Los experimentos del laboratorio han dado lugar a efectos mutágenos. El contacto repetido puede causar daño cómeo.			
SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS				

PEROXIDO DE HIDROGENO

CISPROQUIM 1

<b>Inhalación:</b>	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. No usar el método boca boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
<b>Ingestión:</b>	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito, si éste se presenta inclinar la víctima hacia adelante. Buscar atención médica inmediatamente. Si está inconsciente no dar a beber nada.
<b>Piel:</b>	Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Retirar la ropa y calzado contaminados. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
<b>Ojos:</b>	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
<b>Nota para los médicos:</b>	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

<b>SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO</b>	
<b>Punto de inflamación (°C):</b>	N.A.
<b>Temperatura de autoignición (°C):</b>	N.A.
<b>Limites de inflamabilidad (%V/V):</b>	40 - 100
<b>Peligros de incendio y/o explosión:</b>	No inflamable. Con el calor propicia la combustión espontánea de materiales combustibles. Libera oxígeno el cual intensifica y favorece la combustión.
<b>Medios de extinción:</b>	Solo utilizar agua. No utilizar espuma, producto químico seco, Dióxido de carbono o polvo.
<b>Productos de la combustión:</b>	N.R.
<b>Precauciones para evitar incendio y/o explosión:</b>	Mantener alejado de toda fuente de calor. No colocar junto a materiales combustibles, ni impurezas. Evitar golpes y fricción.
<b>Instrucciones para combatir el fuego:</b>	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Estar a favor del viento. Usar equipo de protección personal.

<b>SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL</b>	
Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Estar a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. Usar agua en forma de rocío para reducir los vapores.	

<b>SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b>Manejo:</b>	Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que va a realizar con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente.
<b>Almacenamiento:</b>	Lugares ventilados, frescos y secos. Mantener lejos de fuentes de calor, chispa e ignición. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Almacenar protegido de luz y a temperaturas inferiores a 35 °C. <b>CONTENEDORES:</b> Botellas de vidrio ámbar, garrafas, barriles de aluminio, barriles no retornables de polietileno con envoltura de fibra y acero; camiones y vagones cisterna.

<b>SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
<b>Controles de ingeniería:</b>	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los

límites de exposición ocupacional o se mantenga lo más baja posible. Considerar la posibilidad de encerrar el proceso. Garantizar el control de las condiciones del proceso. Suministrar aire de reemplazo continuamente para suplir el aire removido. Disponer de duchas y estaciones lavajos.

## SECCIÓN 14: INFORMACIÓN

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Protección de los ojos y rostro:</b>	Usar las gafas o anteojos de seguridad apropiados para productos químicos según lo descrito por las regulaciones de la OSHA en 29 CFR 1910.133 o en el Estándar Europeo EN166.
<b>Protección de piel:</b>	Guantes largos, botas y ropa de protección impermeables al producto.
<b>Protección respiratoria:</b>	Respirador con filtro para vapores inorgánicos. Un programa de protección respiratoria que resuelve los requisitos de la OSHA 29 CFR:1910.134 y del ANSI Z88.2 o del Estándar Europeo EN 149 debe ser seguido siempre que el lugar de trabajo condicione el uso de un respirador.
<b>Protección en caso de emergencia:</b>	Equipo de respiración autónomo (SCBA) y ropa de protección TOTAL.

### SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Apariencia, olor y estado físico:</b>	Líquido incoloro con ligero olor.
<b>Gravedad específica (Agua=1):</b>	1.2 a 20°C
<b>Punto de ebullición (°C):</b>	141
<b>Punto de fusión (°C):</b>	-11
<b>Densidad relativa del vapor (Aire=1):</b>	1.0
<b>Presión de vapor (mm Hg):</b>	18.3 a 30°C
<b>Viscosidad (cp):</b>	1.245 a 20°C
<b>pH:</b>	5.1
<b>Solubilidad:</b>	Soluble en agua y alcohol.

### SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad química:</b>	Estable bajo condiciones normales de presión y temperatura.
<b>Condiciones a evitar:</b>	Choque mecánico, sustancias incompatibles, luz, fuentes de ignición, generación de polvo, exceso de calor.
<b>Incompatibilidad con otros materiales:</b>	Materiales combustibles, agentes reductores, iones metálicos, materiales oxidables, hierro, cobre, latón, bronce, cromo, cinc, plomo, plata, manganeso.
<b>Productos de descomposición peligrosos:</b>	Oxígeno, Gas de hidrógeno, agua.
<b>Polimerización peligrosa:</b>	N.R.

### SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL50 (oral,rata) = 376 mg/kg, Efectos: peritonitis, cambio en la cuenta de leucocitos.  
DL50 (piel, ratas) = 4.06 g/kg .  
LC50 (inhalación, ratas) = 2 g/m<sup>3</sup> en 4h, Efectos: sobre los pulmones, tórax; embolia pulmonar.

No es listado como Carcinógeno por la ACGIH, IARC, NIOSH, NTP y OSHA.

Ensayos en ojos:

Una dosis de concentración entre 5 - 30% de Peróxido de hidrógeno en los ojos de los conejos causó cataratas.

Mutagenicidad:

Presenta cambios en el DNA para la bacteria (E. Coli) y mutaciones en la Saccharomyces cerevisiae.

### SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

CL50 (trucha) =40 ppm/tns agua salada.  
CL50 (Daphnia Magna) = 0.007 g/L durante 24h.

### SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

PEROXIDO DE HIDROGENO

CISPROQUIM

3

El material derramado puede ser recogido y recuperarse, o diluirse con abundante agua y desecharse según normatividad.

#### **SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE**

Etiqueta amarilla de sustancia comburente, clase UN 5.1, grupo II. No transportar con ningún tipo de sustancia química. Proteger los contenedores del daño físico y del calor.

#### **SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.
2. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.
3. Ministerio de Transporte. Decreto 1609 del 31 de julio de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
4. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.

#### **SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES**

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

Bibliografía