



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DESARROLLO DE UNA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, PROVENIENTES DE CURTIEMBRES DE TIPO ARTESANAL E INDUSTRIAL DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para obtener al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORA: JHONATAN ISRAEL VALLE BALDEON

TUTORA: ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA MSc

Riobamba-Ecuador

2018

© **2018**, Jhonatan Israel Valle Baldeon

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UNA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, PROVENIENTES DE CURTIEMBRES DE TIPO ARTESANAL E INDUSTRIAL DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, de responsabilidad del señor egresado Jhonatan Israel Valle Baldeon, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FECHA	FIRMA
Ing. Mabel Parada R., M.Sc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Mayra Zambrano V., M.Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Jhonatan Israel Valle Baldeon, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Jhonatan Israel Valle Baldeon
060426245-1

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

SUMARY

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.	Marco teórico referencial.....	21
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	21
1.1.1.	Proceso de diseño	21
1.1.2.	Industria de curtido de pieles.....	23
1.1.3.	Cadena de valor del cuero.....	27
1.1.4.	Proceso productivo del cuero.....	29
1.1.4.1.	Proceso de Ribera	30
1.1.4.2.	Proceso de Curtido.....	31
1.1.4.3.	Proceso de Post Curtido	31
1.1.4.4.	Proceso de acabado	32
1.1.5.	Legislación ambiental.....	33
1.1.5.1.	Constitución de la República del Ecuador	33
1.1.5.2.	Código Orgánico de Organizaciones Territorial, Autonomía y Descentralización.....	34
1.1.5.3.	Acuerdo Ministerial 061: Reforma al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	34
1.1.5.4.	Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecido en el Decreto Ejecutivo No. 1040, publicado en el Registro Oficial No. 332 del 08 de mayo del 2008	36
1.1.5.5.	Ley de Gestión Ambiental	41
1.1.5.6.	Acuerdo Ministerial 142 Expedir los Listados Nacionales de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales	42
1.1.5.7.	Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.....	43
1.1.5.8.	Ley Orgánica de Salud,.....	43
1.1.6.	Contaminación de la industria de la curtiembre	43
1.2.	Marco Conceptual.....	44
1.2.1.	Agua Residual.....	44
1.2.2.	Características físicas	44
1.2.2.1.	Turbiedad	44

1.2.2.2.	Color	44
1.2.2.3.	Olor	44
1.2.2.4.	Temperatura	45
1.2.2.5.	Sólidos totales	45
1.2.2.6.	Conductividad	45
1.2.3.	Características químicas	45
1.2.3.1.	Materia orgánica	45
1.2.3.2.	Demanda Química de Oxígeno	46
1.2.3.3.	Demanda Bioquímica de Oxígeno	46
1.2.3.4.	Materia inorgánica	46
1.2.3.5.	Alcalinidad	46
1.2.4.	Características biológicas	47
1.2.4.1.	Toxicidad	47
1.2.4.2.	Microorganismos	47
1.2.5.	Tecnología de tratamientos.....	48
1.2.5.1.	Pretratamiento	48
1.2.5.2.	Tratamiento Primario	49
1.2.5.3.	Tratamientos secundarios.....	50
1.2.5.5.	Tratamientos Terciarios o avanzados.....	51

CAPÍTULO II

2.	Marco metodológico.....	55
2.1.	Hipótesis y especificación de las variables.....	55
2.1.1.	Hipótesis General	55
2.1.2.	Hipótesis Específicas	55
2.2.	Identificación de las variables	56
2.2.1.	Variables Dependientes	56
2.2.2.	Variables Independientes.....	57
2.2.2.1.	Físicas	57
2.2.2.2.	Químicas	57
2.2.2.3.	Operacionales.....	57
2.2.3.	Operacionalización de Variables	58
2.3.	Tipo y Diseño de la Investigación	63
2.3.1.	Método Deductivo	63
2.3.2.	Método Inductivo	63
2.4.	Unidad de Análisis.....	63

2.5.	Población de Estudio	63
2.6.	Tamaño de Muestra	64
2.7.	Técnica de Recolección de Datos	64
2.7.1.	Revisión bibliográfica.....	64

CAPÍTULO III

3.	Resultados y discusión.....	65
3.1.	Análisis de resultados	65
3.1.1.	Esquemas de tratamientos utilizados en la actualidad en las curtiembres en Estudio.....	65
3.1.2.	Esquemas de tratamientos propuestos para curtiembre de similares características de sus descargas industriales.....	66
3.1.3.	Tratamiento A. Tratamiento biológico de lodos activados y ozonificación de la mezcla de aguas residuales.....	70
3.1.4.	Tratamiento B. Tratamiento biológico de lodos activados y electrólisis de la mezcla de aguas residuales.....	72
3.1.5.	Tratamiento C. Tratamiento biológico anaerobio y ozonificación de la mezcla de aguas residuales.....	72
3.1.6.	Tratamiento D. Tratamiento biológico anaerobio y electrólisis de la mezcla de aguas residuales.....	73
3.1.7.	Tratamiento E. Recuperación de cromo	74
3.1.8.	Residuos sólidos generados en la operación de estación de tratamientos de efluentes líquidos	75
3.1.9.	Confinamiento de residuos peligrosos producto de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	76
3.1.9.1.	Balance de masa de esquemas propuestos	76
3.2.	Pruebas de hipótesis.....	89
3.2.1.	Hipótesis 1	89
3.2.2.	Hipótesis 2	90
3.2.3.	Hipótesis 3	91
3.2.4.	Hipótesis 4	92
3.2.5.	Hipótesis 5	93
3.3.	Discusión de resultados	94
3.3.1.	Comparación de tratamientos propuestos	94

CAPÍTULO IV

4.	Implementación del sistema	106
4.1.	Propuesta para la solución del problema	106
4.1.1.	Reactor anaeróbico	106
4.1.2.	Equipos de Electrolisis	107
4.1.3.	Deshidratador de lodos provenientes de tratamiento de residuos líquidos de curtiembre	108
4.2.	Costos de implementación de la propuesta.....	112
CONCLUSIONES.....		114
RECOMENDACIONES.....		116
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Modelo descriptivo "lineal" de tres etapas del proceso del diseño.... ¡Error! Marcador no definido.9	
Figura 1-2: Modelo "lineal" ampliado, de cinco etapas del proceso de diseño.....	20
Figura 1-3: Número de animales bovinos (x mil cabezas) a nivel mundial hasta el año 2015.	223
Figura 1-4: Número de animales bovinos (x mil cabezas) en Latinoamérica hasta el año 2015	22
Figura 1-5: Número de producción de cueros y pieles (x mil piezas) de bovinos a nivel mundial hasta el año 2015.	2523
Figura 1-6: Número de producción de cueros y pieles de bovinos (x mil piezas) en Latinoamérica hasta el año 2015.	253
Figura 1-7: Número de producción de cueros y pieles de bovinos (peso en salado húmedo x mil toneladas) a nivel mundial hasta el año 2015.....	264
Figura 1-8: Número de producción de cueros y pieles de bovinos (peso en salado húmedo x mil toneladas) en Latinoamérica hasta el año 2015.	275
Figura 1-9: Cadena de valor del cuero.....	286
Figura 1-10: Proceso productivo de la actividad de curtiembre.....	297
Figura 3-1: Esquemmatización del tratamiento común de la mezcla de aguas residuales provenientes del proceso de curtiembre de las empresas curtidoras y artesanales.....	64
Figura 3-2: Esquemmatización general del tratamiento de la mezcla de aguas residuales provenientes del proceso de curtiembre.....	67
Figura 3-3: Esquemmatización del Tratamiento A propuesto.....	70
Figura 3-4: Esquemmatización del Tratamiento B propuesto	71
Figura 3-5: Esquemmatización del Tratamiento C propuesto	72
Figura 3-6: Esquemmatización del Tratamiento D propuesto.....	73
Figura 3-7: Esquemmatización de ósmosis inversa para la remoción y recuperación de cromo	73
Figura 3-8: Sistema para el balance de masa de los tratamientos propuestos	76
Figura 4-1: Esquema del reactor anaeróbico	105
Figura 4-2: Esquema de un equipo de electrólisis para aguas residuales de curtiembre	106
Figura 4-3: Esquema del deshidratador de lodos provenientes de curtiembre.....	108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	398
Tabla 1-2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	409
Tabla 1-3: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	409
Tabla 1-4: Resumen aplicable a curtiembre del listado sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales	41
Tabla 2-5: Operacionalización de variables	58
Tabla 2-6: Matriz de consistencia.....	60
Tabla 3-1: Porcentaje de remoción de etapas de tratamiento primario de aguas residuales industriales	68
Tabla 3-2: Porcentaje de remoción de tratamientos terciarios y secundarios.....	69
Tabla 3-3: Porcentaje de remoción por el tratamiento de aguas residuales con el proceso de electrólisis	70
Tabla 3-4: Balance de masa por etapas del tratamiento primario y secundario para los residuos líquidos provenientes del proceso de pelambre de curtiembre 1 objeto de estudio	77
Tabla 3-5: Balance de masa de tratamientos propuestos posterior a los tratamientos secundario y terciario de las descargas líquidas provenientes del proceso de pelambre de curtidora 1 objeto de estudio.....	78
Tabla 3-6: Balance de masa por etapas del tratamiento primario y secundario para los residuos líquidos provenientes del proceso de curtido de Curtidora 1 objeto de estudio	79
Tabla 3-7: Balance de masa de tratamientos propuestos posterior a los tratamientos secundario y terciario de las descargas líquidas provenientes del proceso de curtido de Curtidora 1 objeto de estudio.....	80
Tabla 3-8: Balance de masa por etapas del tratamiento primario y secundario para los residuos líquidos provenientes del proceso de teñido de Curtidora 1 objeto de estudio.. ..	81
Tabla 3-9: Balance de masa de tratamientos propuestos posterior a los tratamientos secundario y terciario de las descargas líquidas provenientes del proceso de teñido de Curtidora 1 objeto de estudio.....	82
Tabla 3-10: Balance de masa de tratamientos primario y secundario de las descargas finales de la Curtiduría 2 objeto de estudio	83

Tabla 3-11: Balance de masa de tratamientos propuestos posteriores a los tratamientos primarios y secundarios de las descargas finales de la Curtiduría 2 objeto de estudio ..	84
Tabla 3-12: Balance de masa de tratamientos primario y secundario de las descargas finales de la Curtiduría 3 objeto de estudio ..	84
Tabla 3-13: Balance de masa de tratamientos propuestos posteriores a los tratamientos primarios y secundarios de las descargas finales de la Curtiduría 3 objeto de estudio ..	85
Tabla 3-14: Balance de masa de tratamientos primario y secundario de las descargas finales de la Curtiduría 4 objeto de estudio ..	86
Tabla 3-15: Balance de masa de tratamientos propuestos posteriores a los tratamientos primarios y secundarios de las descargas finales de la Curtiduría 4 objeto de estudio ..	86
Tabla 3-16: Matriz de comparación de tratamientos biológicos propuestos ..	93
Tabla 3-17: Matriz de comparación de tratamientos terciarios propuestos ..	94
Tabla 3-18: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de DQO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	95
Tabla 3-19: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de DBO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	95
Tabla 3-20: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de SST en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	96
Tabla 3-21: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de Cromo en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	97
Tabla 3-22: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de Sulfuros en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	98
Tabla 3-23: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de NTK en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	98
Tabla 3-24: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de DQO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	99
Tabla 3-25: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de DBO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción ..	100

Tabla 3-26: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de SST en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción	100
Tabla 3-27: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de Cromo en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción.....	101
Tabla 3-28: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de Sulfuros en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción	101
Tabla 3-29: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de NTK en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción.....	102
Tabla 3-30: Jerarquización de tratamientos propuestos de acuerdo al porcentaje de remoción	105
Tabla 4-1: Características generales de un equipo deshidratador de lodos	108
Tabla 4-2: Especificaciones de diseño de deshidratador de lodos.....	109
Tabla 4-3: Especificaciones de potencia de deshidratador de lodos.....	110
Tabla 4-4: Estimación de costos de los tratamientos propuestos en base a datos reales de artesanos o empresas curtidoras.....	111

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A** Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- ANEXO B** Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.
- ANEXO C** Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina.
- ANEXO D** Criterios de Calidad del Suelo.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se ha desarrollado la ingeniería conceptual para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de curtiembre de tipo artesanal e industrial ubicadas en la provincia de Tungurahua. Se proponen cuatro tecnologías de tratamiento con sus respectivos diagramas de flujo básico, en los que se combinan tratamientos primarios, secundarios, biológicos y terciarios, evaluando su eficacia en la remoción de contaminantes para posteriormente compararlas para seleccionar la más adecuada.

De los esquemas propuestos en el presente trabajo de investigación, el tratamiento D, es el que tiene mayor porcentaje de remoción de los contaminantes de acuerdo a los balances de masas realizados para cada una de las tecnologías. Este tratamiento que consiste en la utilización de tratamientos primarios y secundarios tales como, cribado, separación de grasas, tanques de igualación, sedimentación primaria, oxidación catalítica, coagulación y floculación, posteriormente pasa por un tratamiento biológico anaeróbico con la generación de biogás y finalmente llega a un tratamiento por electrólisis. Del balance de masa de esta tecnología se desprende que puede llegar a tener remociones de DQO de hasta 99.9%, más del 80% en DBO y mayor al 70% de remoción de los otros parámetros. La evaluación económica de los tratamientos, presentaron resultados en el que el tratamiento de remoción de cromo (E), por osmosis inversa es el más costoso por los altos costos de su implementación y mantenimiento, además de ser un tratamiento tecnológicamente complicado. Los tratamientos que utilizan electrólisis (B y D) son los tratamientos que tienen un menor costo en relación a los tratamientos que utilizan la ozonización como tratamiento (A y C). Mientras que, los tratamientos anaerobios (B y D) son los que tienen menor costo en relación a los tratamientos aerobios (A y C). La tecnología que tiene el menor costo corresponde al tratamiento D, siendo la más apta en relación costo-beneficio para su implementación.

Palabras clave: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA, INGENIERIA QUÍMICA, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO), DEMANDA QUIIMICA DE OXIGENO BQO, CROMO (CR), CURTIEMBRE, TUNGURAHUA.

ABSTRACT

The following investigation's objective was developed conceptual engineering for the treatment of wastewater, from artisanal industrial tannery located in Tungurahua province. Four treatment technologies are proposed with their respective basic flow diagrams, in which primary, secondary, biological and tertiary treatments are combined, evaluating their effectiveness in the removal of contaminants and then comparing them to select the most appropriate. Of the schemes proposed in the present research work, treatment D it is the one with the highest percentage of removal of pollutants according to the mass balances carried out for each of the technologies. This treatment consists of the use of primary and secondary treatments such as screening, separation of fats, equalization tanks, primary sedimentation, catalytic oxidation, coagulation and flocculation, and then it goes through an anaerobic biological treatment with the generation of biogas and finally arrives at in treatment by electrolysis. From the mass balance of this technology, it can be seen that DQO removals of up to 99.9% can be achieved, more than 80% in DBO and greater than 70% removal of the other parameters. The economic evaluation of the treatments presented results in which the treatment of removal of chromium (E), by osmosis inverse is the most expensive due to the high costs of its implementation and maintenance, besides being a technologically complicated treatment. The treatments that us electrolysis (B and D) are tge treatments that have a lower cost in relation to the treatments that the organization uses as treatment (A and C). While anaerobic treatmens (A and C). The technology has the lowest cost corresponds to treatment D, being the mos cost-effective for its implementation

Keywords: ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE, CHEMICAL ENGINEERING, BIOCHEMICAL OXYGEB DEMAND (DBO), CHEMICAL OXIGEN DEMAND (DQO), CROMO (CR), TANNERY, TUNGURAHUA

INTRODUCCIÓN

Identificación del Problema

La provincia de Tungurahua, es la provincia donde se desarrolla la mayor parte de las actividades de curtiembre en el país, sea esta, de forma artesanal o industrial, según los datos del Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos (INEC), concentrándose en dicha provincia el 76% de la producción nacional de cuero y según datos del Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), esta actividad ha mantenido un crecimiento anual del 7.80%, convirtiéndose en un motor económico importante en la dinámica económica del país, por el impacto social que provoca, debido a la generación de empleo en las zonas donde las instalaciones de producción se asientan, siendo este el punto positivo más importante. Sin embargo, la generación de contaminante y la inadecuada gestión de los mismos, hace que su impacto sobre el ambiente donde se encuentran sus instalaciones sea negativo. Este impacto negativo está relacionado por la generación de aguas residuales industriales que son descargadas al alcantarillado público o a los cuerpos de agua adyacentes. Las descargas líquidas tienen una alta concentración de contaminantes, y de forma específica el cromo, metal que está considerado como un contaminante peligroso, debido a su capacidad teratogénica de animales y personas, basándose su toxicidad en la acumulación en el tejido lípido de nuestro organismo. Encontrándose en este aspecto, la necesidad de realizar un tratamiento adecuado de estos residuos líquidos antes de ser descargados hacia algún cuerpo de agua.

El Ministerio del Ambiente (MAE) es el ente regulador y de control de los temas ambientales en nuestro país y tiene el objetivo de hacer cumplir con la Constitución, donde se expresa, el deber de garantizar a que las personas vivan en un ambiente sano.

Al revisar informes presentados a nivel académico y propuestas técnicas realizadas por investigadores y sujetos de control respectivamente, sobre tratamientos de sus descargas líquidas producto de las actividades propias de producción de curtiembre, se puede observar que no se cumplen con las etapas básica y necesarias para ejecutar el proceso de diseño de ingeniería de los proyectos de tratamiento de agua, acarreando consigo incertidumbre sobre sí los tratamientos seleccionados son los más adecuados.

Justificación

Una vez planteada la problemática que enfrentan las industrias curtiembres, nace la necesidad de llevar a cabo el diseño conceptual de la planta de tratamiento de residuos generados en las industrias curtiembres de Tungurahua, debido a que las normativas ambientales de este tipo de actividad industrial se encuentra normadas, ya que las normativas ambientales prohíben depositar los efluentes líquidos directamente a cuerpos de aguas dulces sin un previo tratamiento y evaluación del posible impacto ambiental generado por esta actividad.

Una ingeniería conceptual hace referencia al planteamiento teórico de una PTAR y la comparación con modelos de plantas ya existentes en la actualidad adaptando las condiciones físicas y químicas de cada agua residual en particular.

Es fundamental y muy beneficioso realizar una ingeniería conceptual de PTAR ya que con estos esquemas se presentarán balances de masa, estimación de costos correspondientes a cada planta, los resultados obtenidos se presentarán en matrices comparativas entre las distintas tecnologías presentadas y podrán seleccionar la PTAR considerando su flexibilidad, facilidad operacional, la generación de desechos, el grado de tecnología empleada y algo muy importante tomando en consideración sus costos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar una ingeniería conceptual para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de curtiembres de tipo artesanal e industrial de la provincia de Tungurahua.

Objetivos Específicos

Analizar las tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales generadas en los procesos productivos de curtiembre.

Elaborar diagramas de flujo básicos de las diferentes tecnologías de tratamiento seleccionadas para las PTAR de las curtiembres de tipo artesanal e industrial.

Realizar balances de masa con datos reales de las industrias de curtiembre, para las PTAR propuestas.

Elaborar matrices comparativas y de evaluación entre las diferentes PTAR.

Estimar los costos de implantación de cada una de las PTAR mediante softwares

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. *Proceso de diseño*

En un proceso de diseño de ingeniería intervienen tres partes a saber, el cliente quien es el que da los objetivos al diseñador; el usuario del dispositivo diseñado, el mismo que, tiene sus propios requerimientos; y por último el diseñador quien tiene la tarea de desarrollar las especificaciones necesarias de tal modo que el diseño realizado una vez se haya construido satisfaga las necesidades de todos. El proceso de diseño observado mediante un modelo “lineal” simplificado puede contener las etapas presentadas en la siguiente representación (Dim & Little, 2002).

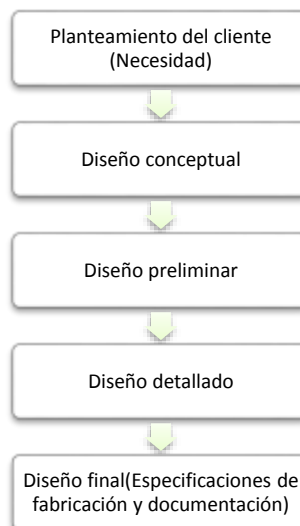


Figura 1-1: Modelo descriptivo “lineal”

de tres etapas del proceso de diseño

Fuente: Dim & Little, 2002, pp. 6-8

En este modelo “lineal” de tres etapas presenta de forma general cada etapa implicada en el proceso de diseño que va desde la definición de la necesidad hasta las especificaciones y documentación, en la presentación del diseño final al cliente. Entendiéndose como cliente a la persona o grupo de personas que necesita resolver el problema mediante un diseño de ingeniería. A continuación, se presenta un modelo “lineal” ampliado que permite identificar de mejor forma las etapas de diseño.

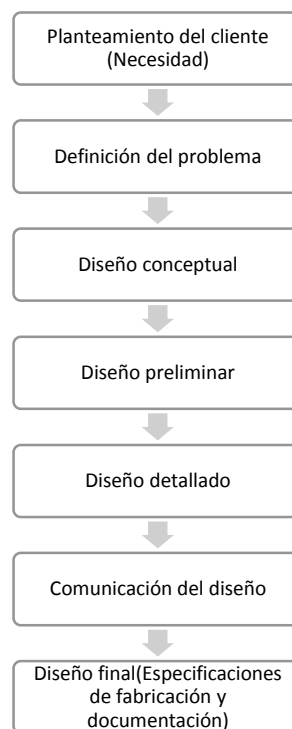


Figura 1-1. Modelo "lineal" ampliado, de cinco etapas del proceso de diseño

Fuente: Dim & Little, 2002, pp. 6-8

En la fase de *definición del problema* está orientada a aclarar los objetivos del diseño, establecimiento de los requerimientos del usuario, identificar las restricciones y establecer las funciones, como resultado de esta fase tendremos un informe con el planteamiento del problema con objetivos perfectamente detallados. El *diseño conceptual* gira alrededor del cumplimiento del objetivo de obtener los diseños o esquemas conceptuales donde se presenten un informe con las pruebas y evaluaciones resultantes, para la elección del más adecuado. La fase de *diseño detallado* se enmarca en la afinación y definición del diseño final seleccionado, donde se presentará un informe con

especificaciones de fabricación propuestas, revisión de diseño final y presentación al cliente. La comunicación del diseño está orientada a la documentación de especificaciones de fabricación y su respectiva justificación (Dim & Little, 2002).

1.1.2. *Industria de curtido de pieles*

La Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) en su informe titulado “World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear”, del año 2016, presenta los resultados en cifras del desarrollo de la actividad de la industria curtiembre a nivel mundial, con detalles de cada país, desde los procesos de la crianza de animales bovinos hasta la fabricación de productos finales, tal como, vestimenta y zapatos, dándonos una completa perspectiva de la situación de este tipo de industrias.

Este estudio de investigación, toma en consideración solo los datos referentes al año 2015, debido a las condiciones del mercado son muy cambiantes antes del mismo, además, solo se presentan los datos referentes al cuero proveniente de animales bovinos, en virtud de que, en nuestro país la industria curtidora y los artesanos respectivamente, solo procesan este tipo de pieles, y en un insignificante porcentaje procesan otro tipo de piel, tal como la proveniente de ovejas o cabras.

A continuación, se presenta el número de animales bovinos existente y que se encuentran distribuidos a nivel mundial en zonas comerciales o geográficas.

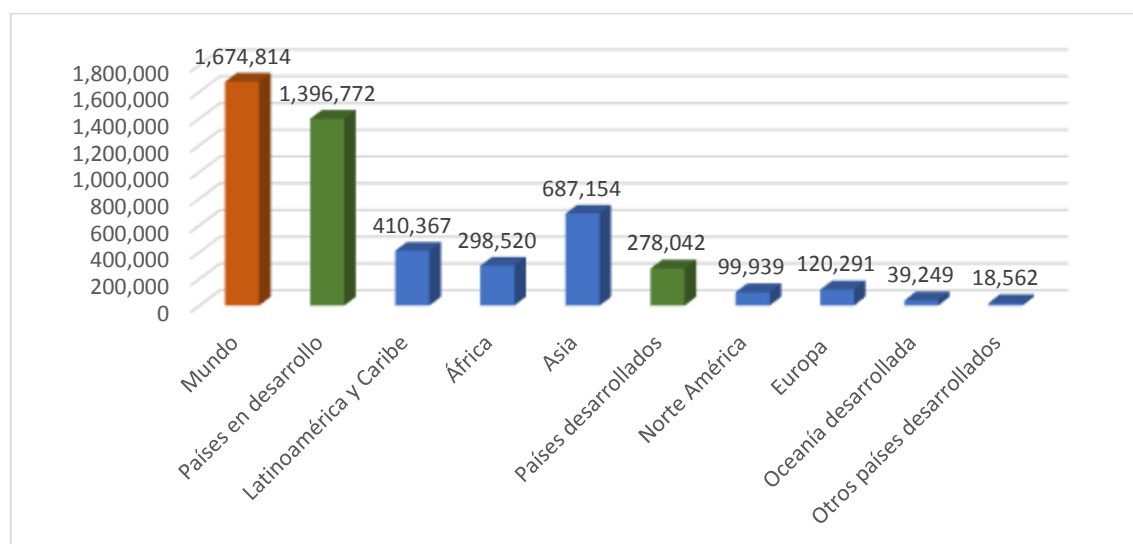


Figura 1-2. Número de animales bovinos (x mil cabezas) a nivel mundial hasta el año 2015.

Fuente: World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.

Como se puede observar los países en desarrollo son los que poseen y crían el mayor número de animales, que en un alto porcentaje son dedicados para la producción de carne, donde la piel es un desecho de esta última actividad. Dentro de este grupo de zonas se puede manifestar que Asia y Latinoamérica con el Caribe incluido son los que mayor número de animales tiene.

Enfocándonos en los países latinoamericanos como se puede observar a continuación, el mayor número de animales bovinos lo tiene Brasil, seguido de muy lejos el país de Argentina, México y Colombia, mientras que, nuestro país Ecuador se encuentra en la producción promedio entre todos los países latinoamericanos de baja producción.

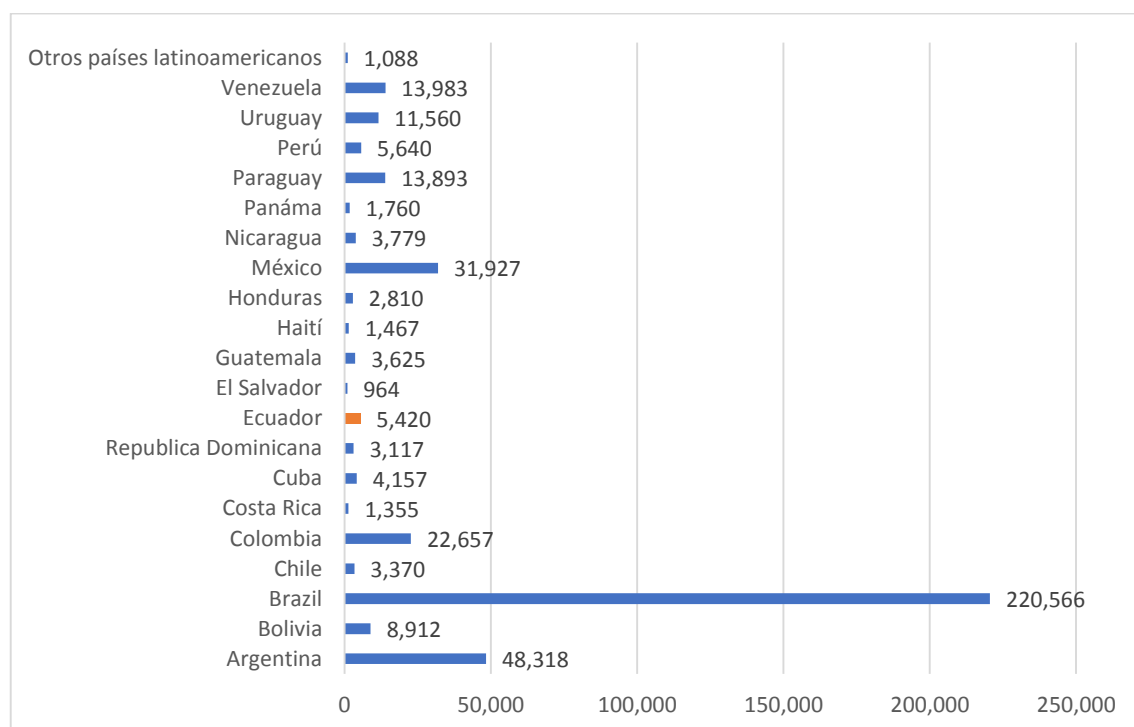


Figura 1-3: Número de animales bovinos (x mil cabezas) en Latinoamérica hasta el año 2015

Fuente: World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.

Refiriéndose a la producción de cueros y pieles de bovinos, se puede constatar en la ilustración siguiente, que la tendencia sigue la misma que el número de animales bovinos, es decir, son los países en desarrollo donde se producen mayor número de cueros y pieles, de igual forma que Asia y Latinoamérica incluido el Caribe tiene la mayor cantidad de producción. Esto es lógico debido a lo expuesto, la mayoría de animales bovinos son criados para la producción de carne y la piel es considerada como un desecho, el mismo

que, es aprovechado por la industria y artesanos que se dedican a la actividad de curtiembre.

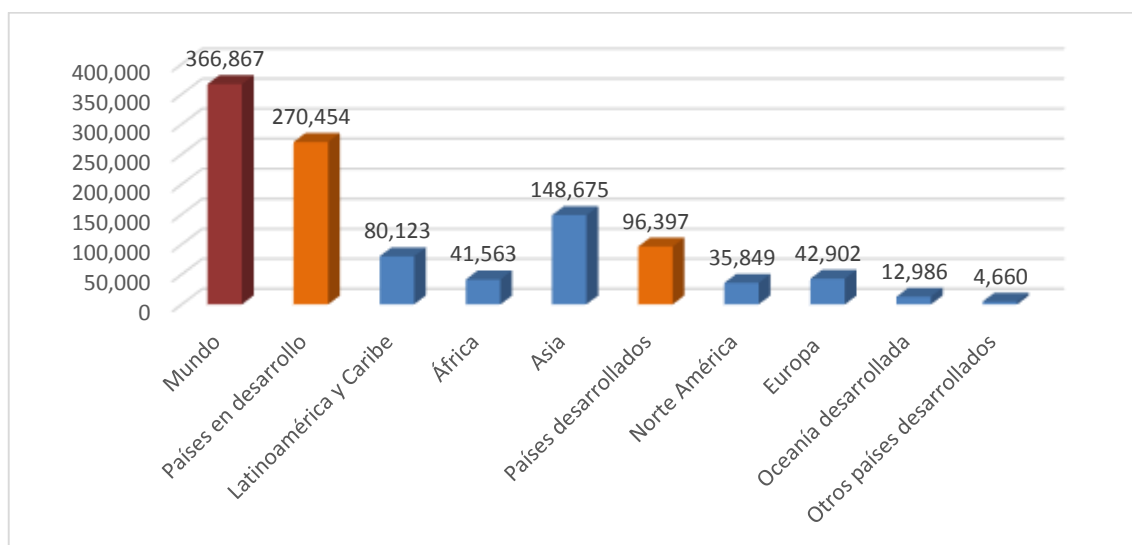


Figura 1-4: Número de producción de cueros y pieles (x mil piezas) de bovinos a nivel mundial hasta el año 2015.

Fuente: World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.

Como era de esperar, Brasil lidera la producción de cueros y pieles, seguido de Argentina, México y Colombia.

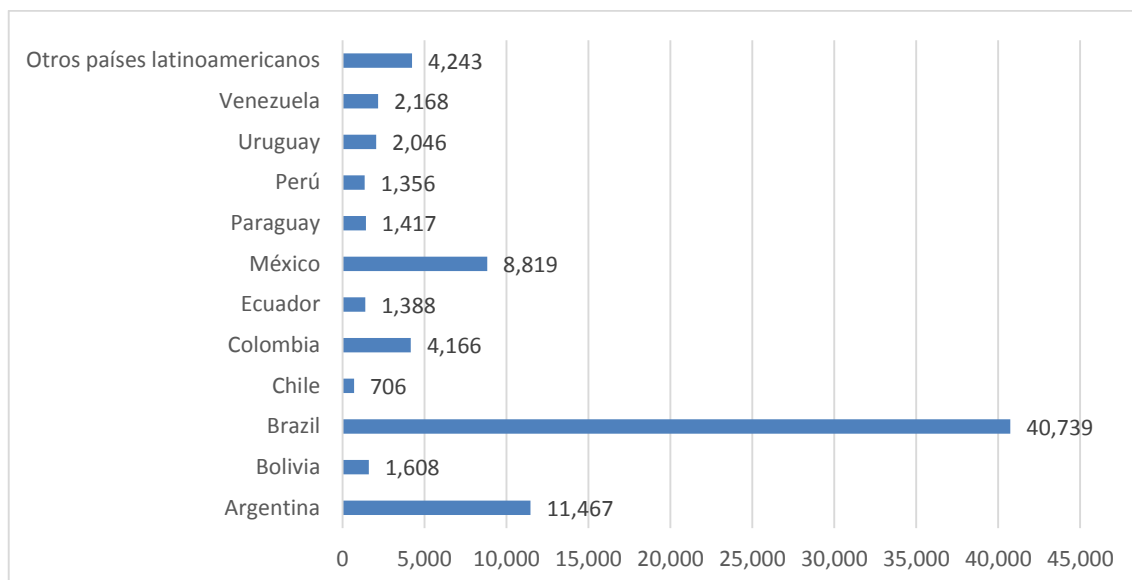


Figura 1-5: Número de producción de cueros y pieles de bovinos (x mil piezas) en Latinoamérica hasta el año 2015.

Fuente: World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.

Los cueros y pieles bovinas también son comercializados en peso en salado húmedo para que, en una curtiembre externa, se proceda a realizar el proceso de curtido, por lo cual, es importante conocer las unidades producidas de este producto comercializable, presentándose los respectivos datos a continuación.

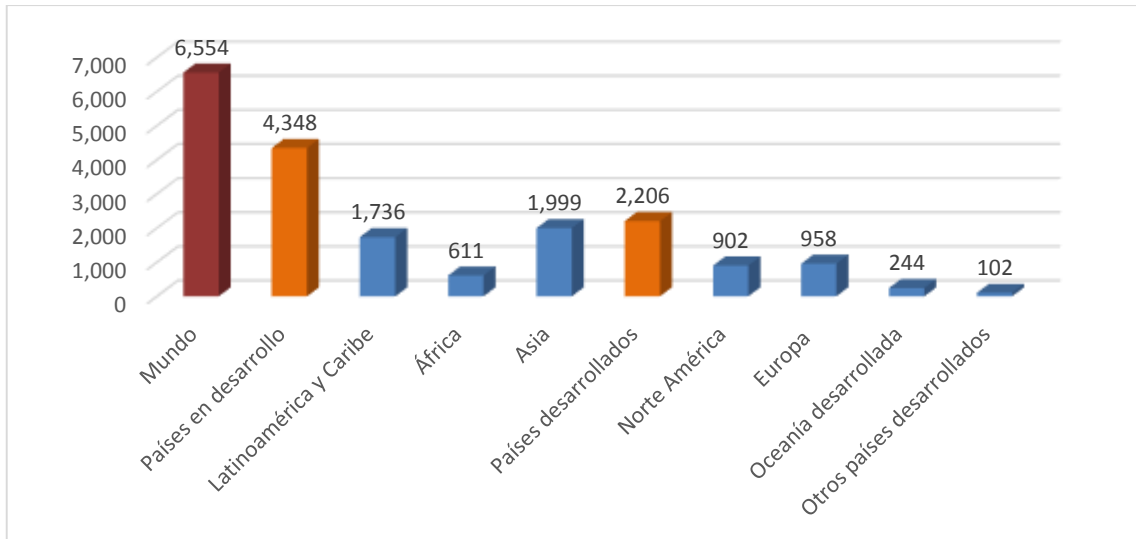


Figura 1-6. Número de producción de cueros y pieles de bovinos (peso en salado húmedo x mil toneladas) a nivel mundial hasta el año 2015.

Fuente: World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.

En este aspecto, aunque la tendencia se mantiene, en que los países en desarrollo produzcan más este tipo de producto, podemos manifestar que, Asia es quién utiliza casi en su totalidad de la producción de cuero y piel para realizar el proceso de curtido. Y desde un punto de vista más regional, refiriéndonos a Latinoamérica, sigue manteniéndose la tendencia con Brasil a la cabeza, seguido igualmente de Argentina, México y Colombia.

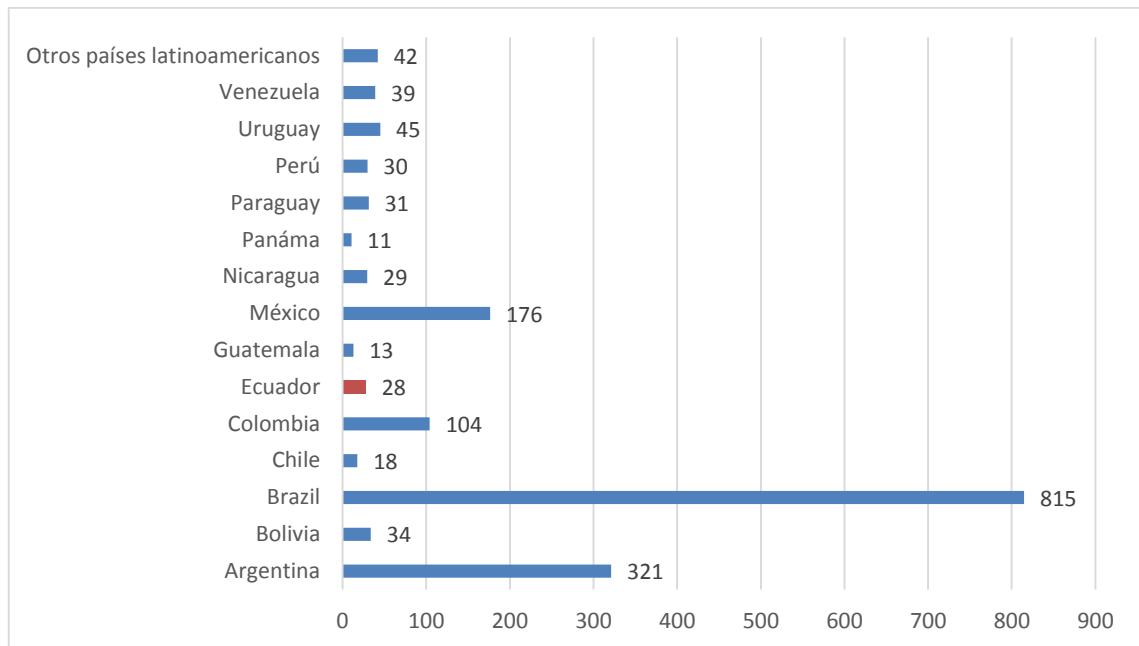


Figura 1-7: Número de producción de cueros y pieles de bovinos (peso en salado húmedo x mil toneladas) en Latinoamérica hasta el año 2015.

Fuente: World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.

1.1.3. Cadena de valor del cuero

La cadena de valor del cuero en nuestro país generalmente embarca cinco etapas productivas:

- a. Obtención de la materia prima (pieles frescas)
- b. Procesos de curtido
- c. Proceso de acabados
- d. Comercialización del cuero producido
- e. Fabricación y comercialización de productos finales a base de cuero

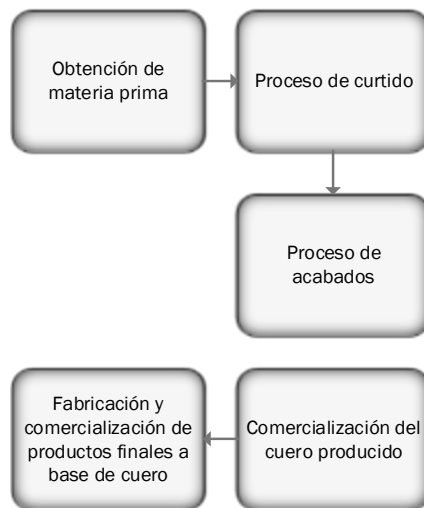


Figura 1-8: Cadena de valor del cuero

La *obtención de la materia prima*, se refiere a la adquisición por parte de la empresa curtidora de pieles frescas provenientes de los camales existentes a nivel nacional, y específicamente a las pieles provenientes del Camal Municipal de la ciudad de Ambato. El *proceso de curtido*, son los procesos que se llevan a cabo dentro de las instalaciones industriales o artesanales para convertir las pieles frescas en cuero.

El *proceso de acabados*, aunque este proceso en varias fuentes bibliográficas se encuentra dentro del proceso de curtido en general, es preciso identificarlo por los objetivos del estudio, debido a que mucho de los acabados son realizados en el cuero propiamente dicho, tal como, el dar un color de terminado al mismo, mediante la utilización de soplete y aire comprimido, así como dar texturas mediante procesos mecánicos, en este punto, la contaminación que se produce es puntual y atmosférica, afectando específicamente a los trabajadores que realizan esta operación. Más, esta operación es una de las más valoradas por permitir producir un sinnúmero de productos finales con un mismo material base, que es el cuero producido.

La *comercialización del cuero producido*, muchos artesanos especialmente e industrias curtidoras, llegan solo hasta este punto, donde, una vez obtenido el cuero con los acabados requeridos por los clientes, son comercializados por área de producto, específicamente por decímetros cuadrados a otras empresas que se dedican a la fabricación de productos a base de cuero.

La *fabricación y comercialización de productos finales a base de cuero*, el cuero producido por las curtiembres es adquirido por artesanos e industrias de la confección de productos tal como, calzado, chompas, guantes, carteras entre otros, los que, son comercializados al cliente final. En la ciudad de Ambato, la parroquia de Quisapincha, es conocida la oferta al público tanto en locales comerciales como en la feria artesanal llevada a cabo en el parque principal de la parroquia, productos netamente a base de cuero. Además, la producción nacional de cuero se comercializa en su gran mayoría dentro del país, siendo bajo el índice de exportaciones.

1.1.4. Proceso productivo del cuero

El proceso productivo del cuero se constituye de dos secciones, la denominada fase húmeda y la fase de los acabados. El cuero bovino es la piel que comúnmente se procesa para obtener el cuero, también se tratan en menores porcentajes las pieles de porcino, caprino, ovino, en algunos países la de equino, pieles exóticas como la de serpiente, avestruz y lagarto. (Nemerrow, 1979).

La piel contiene un 85% de colágeno, el mismo que, es una proteína, además de estar constituido de cantidades menores de lípidos, albúminas, globulinas e hidratos. El proceso de transformación de la piel en un material imputrescible como el cuero, se lo realiza mediante la eliminación de la proteína y la absorción de los agentes curtientes tal como las sales de cromo y los taninos (Nemerrow, 1979).

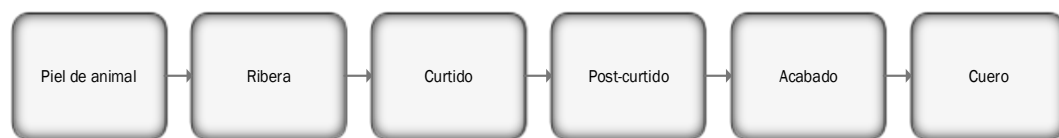


Figura 1-9: Proceso productivo de la actividad de curtiembre

En Ecuador, la industria curtidora, en su gran parte tiene cuatro etapas, como se puede observar en la figura, donde, el proceso de ribera sirve para realizar la limpieza de la piel; en el proceso de curtido se transforma en un material no putrescible; el post curtido da al cuero la suavidad, el color y las características especiales, y el proceso de acabado donde

se les da las características finales de acuerdo a las exigencias de los clientes para sus productos.

1.1.4.1. Proceso de Ribera

El proceso de ribera tiene las siguientes etapas o sub procesos:

- Recepción de pieles
- Salado
- Almacenamiento
- Lavado
- Remojo
- Pelambre
- Lavado de pelambre
- Descarnado
- Dividido

Esta etapa consiste en recibir las pieles en la empresa donde se va a llevar a cabo el proceso de curtido. Las pieles pueden llegar frescas o saladas, dependiendo de si se ha usado la sal para provocar la deshidratación de la piel y evitar degradación de las enzimas proteolíticas (Nemerrow, 1979). Una vez recibidas las pieles se procede a realizarse el proceso de lavado para eliminar los excesos de sal, sangre materia orgánica e impurezas. Las pieles se hidratan mediante la utilización de hidróxido de sodio y tensoactivos en solución acuosa, sub proceso llamado remojo.

Una vez que las pieles se encuentran perfectamente hidratadas, se procede a la remoción del pelo mediante la utilización de cal y sulfuro de sodio, lo que permite producirse el hinchamiento de la epidermis provocando el desprendimiento del pelo, permitiendo la eliminación de impurezas proteicas. El pelo es retirado mediante un lavado con alto volúmenes de agua para asegurar la remoción de la materia orgánica, a esta etapa se la conoce como lavado de pelambre, además, este proceso permite la eliminación del exceso de cal y sulfuro de hidrógeno.

Al retirar el pelo, queda la piel resultante con tejido adiposo, carne y cebos, para lo cual se utiliza maquinaria denominada descarnadora que no es más que una cuchilla que retira este tejido, en el caso de las curtiembres artesanales se lo realiza por lo general a mano mediante la utilización de un cuchillo.

Retirado el tejido adiposo se procede a cortar la piel en un espesor determinado de acuerdo a las características del producto, obteniéndose dos capas: la superior, a la cual se la denomina capa flor, la que se utiliza para la producción del cuero propiamente dicho, y la capa inferior, que en dependencia del tratamiento, es utilizada para la obtención de gamuzón y gelatina.

1.1.4.2. Proceso de Curtido

El curtido es el conjunto de procesos físico-químicos mediante el cual se obtiene un producto inerte e impudrescible denominado “cuero”, a partir de pieles de animales, donde las de bovinos son la de mayor trascendencia, debido a la gran cantidad de animales que se produce para la producción de carne a nivel mundial.

Tradicionalmente el proceso de curtido se lo realiza mediante la utilización de un compuesto químico ácido denominado taninos, que tiene la propiedad de conseguir que la piel no se descomponga y generalmente da un color característico. Desde el siglo XX el proceso de curtido, es predominado por la utilización de sales de cromo, encontrándose en este elemento, la discordia entre especialistas ambientales, debido que este metal pesado es considerado como tóxico y principalmente por sus efectos carcinogénicos, mencionando que, no hay un consenso si el cromo con valencia +3 o +6 es el más perjudicial.

1.1.4.3. Proceso de Post Curtido

El proceso de post curtido está constituido de las siguientes etapas:

- Ecurrido
- Rebajado
- Des acidulado

- Lavado
- Re curtido
- Teñido y engrase
- Enjuague
- Ecurrido y estirado

La primera etapa del post curtido es el escurrido o desaguado, mediante el cual se elimina el exceso de humedad, permitiendo una adecuada mecanización del cuero. Una vez retirada la humedad del cuero, se procede a separar la flor de piel de la carne, lo que se denomina rebajado, siguiendo con el raspado donde se da al cuero el espesor definido y homogéneo del cuero. Terminado este proceso se neutraliza las pieles al cromo para que se produzca correctamente la recurtición, tinturado y posteriormente engrasado. La recurtición del cuero es el proceso por el cual se reprocesa el colágeno que se encuentra estabilizado, permitiendo la absorción de otros curtientes.

El recurtido del cuero procede a dar color, mediante el tenido por la adición de colorantes, es habitual la utilización de tensoactivos, dispersantes y amoniaco con el objetivo de mejorar la penetración e igualación del tinturado.

La elasticidad, suavidad, dureza, hidrofobicidad, textura entre otras características del cuero, están en función de las necesidades del mercado, y se logra en la etapa del engrase, que al final se realiza un enjuague lo que genera desechos residuales de tintura y engrase. Para finalmente proceder a eliminar el excedente de agua mediante el escurrido y estirado, respectivamente.

1.1.4.4. Proceso de acabado

Los sub procesos que intervienen en el proceso de acabado son los siguientes:

- Secado
- Acondicionado, tensado y abatanado
- Pintado y prensado

El primer paso es el secado donde se elimina el agua contenida en el cuero hasta valores de 14 y 16% mediante evaporación para lo cual los artesanos lo realizan mediante la

exposición del cuero al ambiente, mientras que, las empresas industriales utilizan cámaras de vacío o túneles de secado, dependiendo de la capacidad de la fábrica.

Una vez seco, se procede a acondicionar el cuero para dar el acabado final, se tensa el mismo para aumentar su área y se procede a golpear el cuero mediante equipamiento mecánico en la industria o con herramientas manuales en el caso de los artesanos para dar mayor soltura, ha este último proceso es denominado como batonado y es utilizado para obtener cuero para vestimenta.

Se procede a dar color al cuero mediante la adición de pinturas y anilinas, lo que se denomina pintado, y esto se lo realiza en la capa superficial del cuero. Dado el color deseado al cuero se procede a realizarse el proceso de prensado mediante maquinaria que tiene una superficie metálica con lo que se da al producto final una superficie uniforme.

1.1.5. Legislación ambiental

El Ministerio del Ambiente del Ecuador constituye el ente encargado de la creación y emisión de leyes y reglamentos legales que regirán el tema ambiental, con el propósito de preservar un ambiente sano para la población asentada en el territorio nacional. En esta sección, se presenta una breve descripción de la legislación y reglamentos aplicables a la temática ambiental en la industria curtidora ubicadas a nivel nacional.

1.1.5.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, en su segundo capítulo del buen vivir en el Art. 12, hace referencia al agua a la que la identifica como parte constituyente del patrimonio nacional y un derecho humano. En su Art. 13, describe el derecho que poseen las personas y colectividades de tener acceso a los alimentos sanos, con estos dos artículos respectivamente, hacen que, el cuidado de estos dos constituyentes sea una obligación de toda persona cuidarlos y protegerlos.

En la segunda sección de la Constitución, referente al Ambiente sano, en su Art. 14, se expone el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, permitiendo que, el cumplimiento de este enunciado sea una obligación de

ser cumplida. Además de perseguir la sostenibilidad y buen vivir, lo que se expone en el mismo artículo. El Art. 15, expone las bases de la promoción por parte del Estado, al uso de las tecnologías ambientalmente limpias, así como al uso de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. En este artículo radica la importancia que da a la soberanía alimentaria y dispone que la misma no estará en detrimento por el cumplimiento de la soberanía energética.

1.1.5.2. Código Orgánico de Organizaciones Territorial, Autonomía y Descentralización

En el Art. 3, presenta la corresponsabilidad de los distintos niveles de gobierno con el ejercicio y disfrute de los derechos de ciudadanía, enmarcadas en las competencias exclusivas y concurrentes de cada uno de ellos. En el literal h) de este artículo, expone la sustentabilidad del desarrollo que debe existir en todos los proyectos y mejoras en bienestar de la población, asumiendo entre otros principios el aseguramiento de los temas ambientales.

El Art. 4, presenta los fines de los gobiernos autónomos descentralizados, donde en su literal d) se expone la recuperación y conservación de la naturaleza, así como, el mantenimiento de un ambiente sostenible y sustentable, mientras que, en el literal f) se presenta la obtención de un hábitat seguro y saludable para los ciudadanos.

1.1.5.3. Acuerdo Ministerial 061: Reforma al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

Título III del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)

Capítulo II Sistema Único de Información Ambiental

En el Art. 14, se expone la necesidad de la regularización de los proyectos, obras o actividades, para lo cual se realizará a través del SUIA, para posteriormente ser emitido los permisos ambientales respectivos, ya sea como, registro ambiental o licencia ambiental según sea las características propias del proyecto, obra o actividad.

Capítulo III de la regularización Ambiental

El Art. 22, expone que los proyectos, obras o actividades que requieren ser regularizados, a través de la emisión de permisos ambientales en función de la magnitud del impacto y riesgo hacia al ambiente se encontrará listado en un catálogo de proyectos, obras o actividades.

El Art. 25, presenta la obligatoriedad para los proyectos, obras o actividades que se encuentren considerados como medio o alto impacto y riesgo ambiental, de la obtención de la licencia ambiental, la misma que, será otorgada por la Autoridad Ambiental competente a través del SUIA.

Dentro de este capítulo, se realiza una puntualización, en la cual las obligaciones que se desprendan del permiso ambiental deberán ser cumplido por el sujeto de control respectivamente.

Capítulo IV de los Estudios Ambientales

El Art. 27, expone la utilidad de los estudios ambientales, como herramienta técnica para abordar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades que se desarrollen en el país, mientras que el Art. 28, describe el procedimiento respecto a la evaluación de impactos ambientales, en marcados en los establecido en la normativa ambiental aplicable, observando variables tales como físicas correspondientes al agua, aire, suelo y clima, biótico como flora, fauna y hábitat y socio-cultural en marcando a la arqueología, organización socio económica entre otros. El Art. 29, expone las responsabilidades sobre los estudios ambientales, donde se encuentran los consultores calificados por la Autoridad Competente.

El Art. 35, toma un punto común en las industrias en estudio, el cual, son los Estudios Ambientales Ex Post, que están destinados a las operaciones o actividades que ya se encuentran instaladas y necesitan elaborar los estudios ambientales para obtener las licencias ambientales respectivas.

Capítulo V de la Participación Social

El Art. 45 se trata sobre los mecanismos de participación social en función de los instrumentos que la autoridad competente emita. Mientras que, el Art. 46 presenta los momentos de participación en coordinación con el promotor de la actividad o proyecto.

1.1.5.4. Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecido en el Decreto Ejecutivo No. 1040, publicado en el Registro Oficial No. 332 del 08 de mayo del 2008

Este reglamento se expone la obligatoriedad de realizar y ejecutar los mecanismos de participación social, así como, reuniones informativas y talleres participativos. Para el tipo de actividad al que corresponde las curtiembres se identifica la participación social para proyectos de categoría II.

Capítulo VI. Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos y Desechos Peligrosos y/o Especiales.

Este capítulo expone quién establecerá las normas y parámetros técnicos para la gestión integral de desechos de residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales, desde su generación hasta la disposición final, con respectiva gestión, control y sanciones en función de la preservación del ambiente. El párrafo III presenta los parámetros para el almacenamiento temporal de esta clase de residuos.

En la sección II se exponen la gestión integral de desechos peligrosos y/o especiales, así como en su párrafo I se presenta las características que tiene el generador de desechos peligroso y/o especiales, así como, las responsabilidades de cada uno de los actores.

Capítulo VIII Calidad de Componentes Abióticos

Este capítulo presenta secciones referentes a la calidad de componentes bióticos y abióticos.

SECCIÓN II CALIDAD DE COMPONENTES BIÓTICOS

En esta sección se describe la evaluación ambiental de componentes tales como la flora, fauna y demás organismos vivientes en los distintos niveles de organización.

SECCIÓN III CALIDAD DE COMPONENTES ABIÓTICOS

En la sección III, referente a la calidad de componentes abióticos, se encuentran el agua, el suelo, los sedimentos, el aire, los factores climáticos, así como fenómenos físicos.

Esta sección es la que representa mayor interés para entender esta investigación, debido a que se centra en el agua como componente abiótico. A continuación, se enlistan los párrafos con el componente que expone.

- Parágrafo I del agua
- Parágrafo II del suelo
- Parágrafo IV del aire y de las emisiones a la atmósfera
- Parágrafo V de los fenómenos físicos ruido
- Parágrafo VI calidad visual

El parágrafo I del agua, en el Art. 209, expone las características físicas, químicas y biológicas que establece la composición del agua, en el Anexo I se exponen los lineamientos de los procedimientos analíticos, muestreos y monitoreo de descargas, vertidos y cuerpos receptores.

Con respecto a los otros párrafos al igual que el parágrafo I del agua, exponen los lineamientos a cada uno de los componentes abióticos tales como suelos, emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones respectivamente.

CAPÍTULO IX

PRODUCCIÓN LIMPIA, CONSUMO SUSTENTABLE Y BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

En este capítulo se expone las directrices referentes a consumo sustentable, producción limpia y buenas prácticas ambientales, con la respectiva aplicación de la obligatoriedad en componentes tales como:

- Fomento de procesos limpios
- Fomento de productos y servicios limpios
- Estructuración de ciclo de vida cerrado del producto; y,
- Fomento en la conformación de una sociedad comprometida con la protección del entorno natural.

CAPÍTULO X

CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

MECANISMOS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Esta sección expone los mecanismos de control y seguimiento ambiental los cuales pueden ser:

- Monitoreos
- Muestreos
- Inspecciones
- Auditorías Ambientales
- Informes Ambientales de Cumplimiento
- Vigilancia ciudadana
- Mecanismos establecidos en los reglamentos de actividades específicas
- Otros que la Autoridad Ambiental Competente disponga

CAPÍTULO XV

DE LAS NORMAS TÉCNICAS AMBIENTALES CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD AMBIENTAL, EMISIÓN, DESCARGA Y VERTIDOS CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL.

Dentro de este se encuentra el Art. 329, referente al monitoreo ambiental, en el cual deberá ser verificado por parte de la autoridad ambiental competente.

ANEXO I. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)

Las descargas de aguas residuales que provienen de los procesos industriales en el alcantarillado, cuerpos de agua dulce y agua salada respectivamente, es controlado mediante el cumplimiento de límites máximos, los que se presentan en los artículos 5.2.3, 5.2.4 y 5.2.5 de este anexo.

Tabla 1-1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Solubles en hexano	mg/l	70.0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO5	mg/l	250.0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500.0
Potencial hidrógeno	pH	mg/l	6 – 9
Sólidos Sedimentables	SS	mg/l	20.0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220.0
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600.0
Sulfatos	SO4-2	mg/l	400.0
Sulfuros	S	mg/l	1.0
Temperatura	°C	mg/l	<40.0

Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	mg/l	2.0
--------------	--	------	-----

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: TULSMA, 2010

Tabla 1-2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Solubles en hexano	mg/l	30.0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.1
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Cloruros	Cl-	mg/l	1000
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100.0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200.0
Potencial hidrógeno	pH	mg/l	6 – 9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130.0
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600.0
Sulfatos	SO4-2	mg/l	1000.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Sustancias Activas de Azul de Metileno	mg/l	0.5

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: TULSMA, 2010

Tabla 1-3: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	
			(A) Descarga zona rompientes	(B) Descarga en de mediante estuarios submarinos
Aceites y Grasas	Solubles en hexano	mg/l	30.0	30.0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2	0.2

Color real	Color verdadero	Unidades de color	Inapreciable dilución: 1/20	en	Inapreciable dilución: 1/20	en
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5		0.5	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200.0		400.0	
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400.0		600.0	
Potencial hidrógeno	pH		6 – 9		6-9	
Solidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250.0		250.0	
Sulfuros	S	mg/l	0.5		0.5	
Temperatura	°C		<35		<35	
Tensoactivos	Sustancias Activas de Azul de metileno	mg/l	0.5		0.5	

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: TULSMA, 2010

1.1.5.5. *Ley de Gestión Ambiental*

Esta ley presenta las políticas generales de desarrollo sustentable en nuestro país. Los títulos y capítulos aplicados a las actividades de curtiembre, los cuales son:

- Título II: Del Régimen Institucional de la Gestión Ambiental
 - CAPÍTULO I: Del Desarrollo Sustentable
 - CAPITULO II de la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental
 - CAPÍTULO IV: De la Participación de las Instituciones del Estado
- Título III: Instrumentos de la Gestión Ambiental
 - CAPÍTULO V: Instrumentos de Aplicación de Normas Ambientales

1.1.5.6. *Acuerdo Ministerial 142 Expedir los Listados Nacionales de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales*

De acuerdo al Art. 2, serán considerados desechos peligrosos, los establecidos en el Anexo B, del presente acuerdo.

Tabla 1-3: Resumen aplicable a curtiembre del listado sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales

CIU	Descripción	CRITB	Código	Código Basilea
C	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS			
10	Elaboración de productos alimenticios: carne, pescado crustáceos y moluscos, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas de origen vegetal y animal, productos lácteos, productos de molinería, almidones y derivados de almidón, panadería, azúcar, café, cacao, chocolate, fideos, alimentos balanceados para animales, etc.	T	C.10.01	Y4
	Efluentes de lavado y limpieza, pelado, centrifugado y separación de materia prima que estuviese contaminado con residuales de agroquímicos.			
	Productos, aditivos químicos caducados o fuera de especificaciones	T (1)	C.10.02	A4140
	Disolventes orgánicos agotados en los procesos de extracción de aceites o esencias.	I	C.10.03	Y6
	Materias primas, productos terminados fuera de especificaciones que contienen sustancias peligrosas.	T (1)	C.10.04	A140

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: TULSMA, 2010

1.1.5.7. *Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental*

Registro Oficial Suplemento 418, FECHA: 10 de septiembre de 2004

CAPITULO I: De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire

En esta ley se presenta la prohibición de la emisión de contaminantes del aire, provengan de fuentes móviles o fijas sin ningún control.

1.1.5.8. *Ley Orgánica de Salud,*

CAPITULO III

Esta ley expone el vínculo entre el ambiente y la salud, mediante la disposición de derechos que tiene una persona a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

1.1.6. *Contaminación de la industria de la curtiembre*

Las descargas líquidas de la industria curtiembre proviene de diferentes etapas del proceso, por lo que, cada una presenta diferentes características físico-químicas y biológicas. Las características físicas de las descargas nos dan una primera idea de la contaminación que podría tener o no una descarga, que para su determinación se usa principalmente los órganos organolépticos. Las características químicas de las descargas no solo sirven para caracterizar la descarga. También se utiliza para realizar el seguimiento de toda la unidad de tratamiento. Las características biológicas de los vertidos dependen de la procedencia del vertido pudiendo contener organismos tan diversos como: bacterias, virus, helmintos, etc. Estos microorganismos pueden causar problemas por la toxicidad que pueden causar, por lo que es necesario cuantificar y evaluar la misma (Méndez, Vidal, Lorber, & Márquez, 2007).

1.2. Marco Conceptual

1.2.1. *Agua Residual*

Las aguas residuales son las descargas líquidas que tiene una calidad inferior al agua natural, y son producto de la utilización del agua de fuentes naturales en actividades industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, doméstico entre otro tipo de fuentes.

1.2.2. *Características físicas*

1.2.2.1. *Turbiedad*

La turbiedad es causada por la suspensión de materiales sólidos en el agua, y es un efecto óptico dado por la dispersión y absorción de los rayos luminosos por este tipo de partículas (Alcántara, 1999).

1.2.2.2. *Color*

La capacidad de absorción de algunas radiaciones del espectro visible se denomina como color, el mismo puede variar de acuerdo a la presencia de ciertas sustancias disueltas o no en el agua, esto en virtud que el agua en estado natural es incolora (Rigola, 1994).

1.2.2.3. *Olor*

El agua en estado natural es inodora. El olor es una determinación organoléptica de determinación subjetiva, es decir, depende de quién realice la prueba. Y la presencia del mismo, hace relación a la presencia de sustancias contaminantes disueltas o no en el cuerpo de agua (Rigola, 1994).

1.2.2.4. Temperatura

La temperatura del agua en la naturaleza, es un parámetro que depende del área geográfica donde se encuentre el cuerpo de agua. Las actividades humanas causan un impacto puntual directo en la temperatura de los cuerpos de agua, afectando los procesos biológicos y físico químicos, en los cuales se incluyen los nutrientes que se encuentran en el agua (Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales de México, 2008).

1.2.2.5. Sólidos totales

Los sólidos totales están constituidos por la suma de los sólidos disueltos y sólidos en suspensión. Donde, los sólidos disueltos, es la medida de la materia total que se encuentran disuelta en el agua y los sólidos en suspensión son los que no se encuentran disueltos y son sedimentables (Rigola, 1994).

1.2.2.6. Conductividad

La conductividad es el parámetro que hace relación a la conductividad eléctrica, la cual es, la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad permite tener una relación con las sales disueltas en el agua, debido a que, al disolverse se disocian en los iones que los constituyen, permitiendo la conducción eléctrica (Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales de México, 2008).

1.2.3. Características químicas

1.2.3.1. Materia orgánica

La materia orgánica es propia de un ecosistema acuático saludable, más, la carga producto de las actividades humanas al cuerpo de agua hace que este equilibrio se rompa, debido a que, la materia orgánica se incorpora a la cadena alimenticia, los nutrientes propios de la misma, estimula el crecimiento del fitoplancton que puede superar su consumo por parte de los herbívoros, produciéndose contaminación por su descomposición (Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales de México, 2008).

1.2.3.2. Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno es utilizada para medir la cantidad total de contaminación en el agua y es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesario para la descomposición química de la materia orgánica e inorgánica (Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales de México, 2008).

1.2.3.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es la medida de la concentración de oxígeno que se consume en los procesos de degradación bioquímica de materia orgánica producto de los procesos biológicos aerobios, debido principalmente a bacterias y protozoarios (Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales de México, 2008).

1.2.3.4. Materia inorgánica

En los contaminantes del agua puede encontrarse compuestos formados por sustancias inorgánicas tales como sales, a los cuales, se les denomina materia orgánica y que en su composición no tiene como principal producto al carbono (Rigola, 1994).

1.2.3.5. Alcalinidad

La alcalinidad está dada por presencia de los iones bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos producto de disociación de sales de ácidos débiles y bases fuertes. Básicamente la alcalinidad es la capacidad de neutralización de los ácidos que posee el agua. Este parámetro es de suma importancia de medirlo, debido a que la reacción que tiene con coagulantes hidrolizables como origen de los procesos de floculación y generalmente en el agua cruda la alcalinidad natural es suficiente para efectuarse este proceso (Alcántara, 1999).

1.2.4. Características biológicas

1.2.4.1. Toxicidad

La toxicidad es la capacidad de una sustancia de causar un aumento significativo de la mortalidad, enfermedades graves o que representen riesgo para la salud humana o para el ambiente por su presencia o altas concentraciones.

Toxicidad en agua

La toxicidad en agua comprende el efecto letal que tiene una sustancia en un bioensayo acuático para los organismos utilizados en 4 días.

Toxicidad crónica

Es la exposición continua o repetida en períodos extensos a una sustancia o mezcla de sustancias que pueden causar daños en la salud humana o de los organismos que se encuentren expuestos.

1.2.4.2. Microorganismos

La presencia de microorganismos por lo general no tiene mucha importancia en las aguas a ser utilizadas en los procesos industriales, a excepción del procesamiento de alimentos. Los microorganismos en aguas residuales son un problema para salud humana y animal, por lo que su control es necesario. Uno de los indicadores más utilizados para el control de microorganismos es la determinación de colonias de bacterias del grupo coliforme en su conjunto y específicamente de la bacteria *Escherichia coli*. Este tipo de microorganismos de forma cilíndrica tienen la capacidad de fermentar la glucosa y la lactosa. Otro tipo microorganismos que son utilizados como indicadores de contaminación biológica, específicamente, contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios, siendo estos últimos organismos anaerobios formadores de esporas (Rigola, 1994).

1.2.5. Tecnología de tratamientos

El tratamiento de las aguas residuales industriales provenientes de las curtiembres artesanales o industriales, utilizan tecnologías probadas, que son utilizadas a nivel internacional. A continuación, se presentan las operaciones que comúnmente intervienen en el tratamiento de las descargas líquidas industriales de curtiembre.

1.2.5.1. Pretratamiento

i. Cribado

Esta operación tiene como objetivo el reducir sólidos suspendidos de distintos tamaños, especialmente los sólidos de gran tamaño. Las distancias y aperturas dependerán del objetivo para el cual fue diseñado, por ejemplo, las aperturas pueden ser de 5 mm o menos para sólidos finos, así como, su limpieza puede ser realizada manual o mecánicamente. La utilización de tamices finos no es muy común por las obstrucciones que surgen en los mismos. La eliminación de sólidos en suspensión puede ser del 5 a un 25% del total (Ramalho, 2003).

ii. Separador de grasas

El separador de grasas es un proceso que utiliza la diferencia de densidades entre las sustancias contaminantes, tales como, aceites y grasas con el agua para realizar la separación por medios físicos. El equipo más utilizado es mediante un tanque separador de grasas por medio de la utilización de un tubo en la parte superior del mismo, al que se denomina cuello de ganso.

iii. Tanques de igualación

El tanque de igualación, también conocido como tanques de homogenización, son tanques que utiliza el tiempo de permanencia del agua a través del manejo de su área, para estabilizar el flujo y homogenizar las características de los residuos líquidos que provienen de varios lotes de producción. Esto permite que operaciones posteriores tales como procesos biológicos, adición de químicos y en general sean mucho más manejables, puesto que se utilizarán flujos promedio para su diseño y funcionamiento (Pozo, 2010).

1.2.5.2. *Tratamiento Primario*

i. Sedimentadores o decantadores

Este pre tratamiento es utilizado para la separación de los sólidos suspendidos, mediante la diferencia del peso específico entre las partículas sólidas y el agua. Las operaciones de sedimentación puede utilizarse en varias partes del proceso de tratamiento, por ejemplo, en las plantas de lodos activados, esta operación puede estar presente en tres fases, la primera en donde se separan la materia inorgánica como arena del agua residual, la segunda fase, está presente en los clarificadores o sedimentadores primarios que permiten la separación los sólidos de origen biológico provenientes de los bio reactores y la tercera fase se encuentra en los clarificadores o sedimentadores secundarios, donde se separan los lodos biológicos de los efluentes tratados (Ramalho, 2003).

Existen tres tipos de sedimentación, el primero denominado sedimentación discreta, en el cual las partículas sólidas no cambian de forma, tamaño o peso específico, uno de los ejemplos comunes de este tipo de sedimentación es la deposición de arena en los sedimentadores. Un segundo tipo, es la sedimentación con flotación, donde existe un cambio de la densidad y velocidad de sedimentación, siendo los clarificadores o sedimentadores secundarios ejemplo común de este tipo de sedimentación. Por último, tenemos a la sedimentación por zonas, las partículas se conglomeran, formando una masa total en la cual precipita, el más común de este tipo de sedimentación es la precipitación de lodos biológicos (Ramalho, 2003).

ii. Coagulación

La coagulación es un proceso químico donde se adiciona una sustancia, a la cual se la denomina coagulante químico, la cual facilita la coalescencia de las partículas de los lodos. Existen en la actualidad varios tipos de coagulante, pero los más comunes y tradicionales son el cloruro férrico, cal y polielectrolito, su uso está en dependencia de las características de la descarga (Ramalho, 2003).

iii. Flocculación

La flocculación permite formar flóculos de las partículas sólidas suspendidas o coaguladas, lo que permite el aumento de la velocidad de sedimentación o flotación respectivamente, por efecto de coalescencia en otras partículas. Tanto el ensayo de coagulación como el de flocculación es llevado a cabo en laboratorio en una columna de sedimentación, en la cual se reproduce a escala el proceso que va ser llevada en escala real (Ramalho, 2003).

iv. Precipitación química

La precipitación química se da por la utilización de sustancias químicas que realizan cambios en el estado físico de los sólidos disueltos y sólidos suspendidos que mediante sedimentación son eliminados, siendo una de las aplicaciones más común la eliminación de nitrógeno y fósforo, mediante este procedimiento se pueden obtener remociones de hasta el 90% de los sólidos suspendidos, entre 30% a 60% de la demanda química de oxígeno, así como, 40% y 70% de la demanda bioquímica de oxígeno (Metcalf & Eddy Inc., 2015).

1.2.5.3. Tratamientos secundarios

i. Tratamientos Aerobios

El principio de este tipo de tratamientos, es la utilización de microorganismos que utilizan las sustancias contaminantes como fuente de nutrición para su crecimiento en presencia de oxígeno, obteniendo sustancias menos agresivas o contaminantes, como el dióxido de carbono producto de los procesos metabólicos de los microorganismos involucrados. (Ramalho, 2003)

Lodos activos

El proceso de lodos activos es utilizado hace más de un siglo para el tratamiento de aguas industriales residuales como para aguas urbanas, el principio de este tratamiento es que al ingresar oxígeno a las aguas residuales por medio de aireación durante un periodo determinado de tiempo, se reduce el contenido de materia orgánica y se forma un lodo

floculento, el mismo que, está compuesto de una población de microorganismos heterogéneos que pueden ser bacterias, hongos, algas, protozoos y rotíferos, los que permiten la descontaminación de aguas contaminadas. Lo interesante de este tratamiento es que se vuelve un proceso continuo al utilizar esta materia biológica en forma de lodo para los nuevos lotes de aguas residuales a ser tratadas (Ramalho, 2003).

Filtros percoladores

Los filtros percoladores son reactores biológicos de crecimiento asistido, el mismo que, consiste en un relleno cubierto de limo biológico por el cual se percola las descargas líquidas a ser tratadas. Estas descargas ingresan de forma pulverizada sobre el lecho distribuido en un flujo rotativo uniforme (Ramalho, 2003).

ii. Tratamientos Anaerobios

Este proceso similar al tratamiento aerobio, utiliza a microorganismos para realizar el proceso de descontaminación de las aguas residuales, con la diferencia que los microorganismos utilizados son los que viven en condiciones de ausencia de oxígeno. (Ramalho, 2003)

1.2.5.5. Tratamientos Terciarios o avanzados

i. Filtración

Por lo general la filtración es un proceso utilizado para eliminación de sólidos suspendidos de las descargas provenientes de los sedimentadores secundarios, así como la utilización como un tratamiento especial. El residuo líquido con sólidos suspendidos se suele pasar por capas creciente de materiales granulométricos, para ir reteniéndolos (Rigola, 1994).

ii. Adsorción con carbón activado

El carbón activado o carbón activo es un material cristalino de origen vegetal que por su alta porosidad permite adsorber innumerables sustancias químicas que constituyen contaminantes en una descarga líquida industrial, especialmente es utilizado para la eliminación de materia orgánica residual resultado de la fuga de procesos del tratamiento biológico. El carbón activado tiene diferentes características que dependerán del material de partida para obtenerlo y el proceso de activación (Rigola, 1994).

iii. Oxidación catalítica

La oxidación catalítica es un tratamiento efectuado en un reactor donde mediante la utilización de un catalizador comúnmente metálico tal como el manganeso, aluminio, hierro, cobalto y cesio, se procede a oxidar las sustancias o compuestos recuperables más fácilmente, menos tóxico o menos contaminante. Este es el caso del tratamiento de sulfuro en los efluentes de pelambre, donde el ácido sulfhídrico es recuperado como sulfato de cromo, el mismo que, vuelve a ser utilizado en el proceso (Mendez, et al. 2009)

iv. Separación de membranas

Esta operación utiliza una membrana semipermeable para separar dos volúmenes de líquido con diferentes características físico-químicas y mediante el equilibrio establecido en los dos lados, los iones disueltos de las sustancias contaminantes son retenidos por la membrana mientras que el solvente atraviesa la misma (Metcalf & Eddy Inc., 2015).

v. Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso en el cual se utiliza resinas cargadas iónicamente en las cuales, al entrar en contacto con los iones disueltos en el solvente, se unen a la misma, reteniéndolas mientras que, el solvente pasa libremente. Los equipos utilizados para el intercambio iónico tienen el diseño de lecho poroso con lo cual se tiene un mayor contacto superficial de la resina con los iones de las sustancias de interés (Ramalho, 2003).

vi. Electrólisis

La electrólisis es otro proceso electroquímico, su principio se encuentra en función de la utilización de electrodos, los mismos que, son un cátodo y un ánodo. La sección anódica elimina gran parte de la materia orgánica, mientras que, la sección catódica produce hidrógeno. (Ruiz, 2005)

Una de las aplicaciones de la electrólisis es la electrodeposición, la cual, permite eliminar los metales presentes en las aguas residuales industriales, esta deposición se lo realiza en el cátodo. Los equipos están diseñados para trabajar en corriente continua. (Ruiz, 2005)

vii. Electrocoagulación

Este proceso se utiliza para la eliminación de contaminantes en el agua que se encuentran disueltos, suspendidos o emulsificados, utilizando unas placas metálicas paralelas generalmente hierro y aluminio, las cuales inducen corriente eléctrica con lo que desestabilizan las sustancias que se encuentran en el agua, formando otras menos coloidales y emulsificables, los que precipitan o emulsionan para posteriormente ser eliminadas por medio de tratamientos secundarios (Ruíz, 2005).

viii. Electroflotación

La electroflotación es un proceso en el cual las burbujas de hidrógeno y oxígeno generados en el cátodo y ánodo respectivamente con el uso de corriente eléctrica, arrastra hacia la superficie las sustancias contaminantes, siendo el tamaño de las burbujas un factor predominante en esta operación, puesto que se prefiere burbujas pequeñas por el aumento del área superficial de contacto. (Ruiz, 2005)

ix. Electrodesinfección

La electrodesinfección es un proceso de oxidación directa, un ánodo donde se genera cloro gas por la oxidación de los iones cloruros que al disolverse en el agua se genera hipoclorito (oso) el cual es la sustancia desinfectante. En la mayoría, el agua contiene sustancias disueltas, una cantidad suficiente de iones cloruro para provocar la desinfección. (Ruiz, 2005)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Hipótesis y especificación de las variables

2.1.1. *Hipótesis General*

La ingeniería conceptual de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) permitirá el desarrollo de distintos esquemas de tratamiento de acuerdo a las características de los efluentes líquidos a tratar, provenientes de los procesos productivos de curtiembre de la provincia de Tungurahua, a fin de cumplir con la normativa ambiental vigente.

2.1.2. *Hipótesis Específicas*

Al realizar el análisis de las tecnologías aplicadas en el tratamiento de los efluentes líquidos de curtiembres tanto artesanales como industriales de la provincia de Tungurahua, podremos darnos cuenta si son eficientes para la mitigación de los impactos ambientales.

Al elaborar los diagramas de flujos de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, seleccionaremos las plantas de tratamiento de aguas residuales más adecuadas, para los efluentes de cada industria de acuerdo a su naturaleza y necesidad.

Al efectuar los balances de masa con los datos reales obtenidos en las industrias curtiembres, se podrá seleccionar la mejor opción de planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a la cantidad de materia que se vaya a tratar en las diferentes curtiembres.

Al construir matrices comparativas se conseguirá apreciar los factores de flexibilidad, facilidad operacional, generación de desechos y madurez de las tecnologías además de las plantas de tratamiento de aguas residuales seleccionadas.

Con la estimación de los costos relacionados al tratamiento de los efluentes líquidos, determinados a través de softwares, se evaluará el valor de los equipos principales y adicionalmente los costos de instalación y otros componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales a implementar.

2.2. Identificación de las variables

Dentro de los procesos de investigación se necesita conocer el tipo de variables que intervendrán en el proceso de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para efluentes líquidos generados por las curtiembres tanto artesanales como industriales, de todo ello dependerá la ingeniería conceptual, de ellas dependerá las dimensiones y los parámetros que deben tener los efluentes líquidos para eliminarlos a cuerpos de agua dulce, las variables en una planta de tratamiento de aguas residuales se encuentran más afectadas por variables independientes y así también son parámetros de diseño en la distribución de la planta estas son.

2.2.1. Variables Dependientes

- Caudal
- DBO5
- DQO
- Cr+6
- Grasas y Aceites
- pH
- Sulfatos
- Sulfuros

- Tensoactivos

2.2.2. *Variables Independientes*

2.2.2.1. *Físicas*

- Color
- Temperatura
- Turbidez
- Conductividad

2.2.2.2. *Químicas*

- Cloruros
- Sulfatos
- Sulfuros
- NKT
- Cromo
- Nitratos
- Nitritos
- Dureza
- Alcalinidad

2.2.2.3. *Operacionales*

- Caudal de entrada
- Caudal de salida (durante cada etapa)
- Capacidad de tanques de descargas de efluentes
- Altura
- Capacidad del tambor
- Distancias de sector a sector

2.2.3. *Operacionalización de Variables*

La operacionalización de las variables nos permitirá conocer los conceptos teóricos que tendrá cada variable y como adaptar a la presente investigación, en esta vendrán contenidos los datos y parámetros que se exige según normativas para establecer los parámetros de diseño de la planta.

Tabla 2-1: Operacionalización de variables

CATEGORIA	CONCEPTO	DIMENSIONES	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	
Diagnostico	Consiste en determinar durante cada etapa los caudales de entrada, caudales de salida y capacidades de producción	Tanques de descarga de agua de las respectivas etapas y la capacidad de los tambores	Volumen, caudales de entrada y de salida	m^3 , L/s	
Caracterización	La caracterización del agua implica la definición y cumplimiento de un plan de control incluyendo análisis físico – químicos para determinar los riesgos de contaminación del agua y determinar los procesos requeridos	Caracterización física	pH	Sin Unidades	6,5 – 8.5	
			Temperatura	o_c	
			Conductividad	$\mu\text{s/cm}$		
			Color	Escala Pt/Co	15	
			Turbiedad	...		
					...	
					NTU	
			Caracterización química	CLORURO	mg Cl/L	0,5
				DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /lt	300
				S.S	mg Ca/lt	220
		CROMO	mg Cr/lt	0.5		
		ALCALINIDAD	mg/lt			
		SULFATOS	mg SO ₄ /lt	200		

		mg/lit	
	DBO	mg O2/lit	250
	DQO	mg O2/lit	500
	NITRATOS	mg/lit	10
	NITRITOS	mg/lit	1
	Operacionales		
	CAUDAL DE ENTRADA	L/s
	CAUDAL DE SALIDA	L/s
	CAPACIDAD DE TANQUES	m ³
	ALTURAS	m
	CAPACIDAD DEL TAMBOR	m ³

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Tabla 2-2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES DE LAS HIPOTESIS ESPECIFICAS
<p>La descarga de los efluentes líquidos de la curtiembre no son los más indicados ya que son soluciones con alto contenido de sulfuros DBO y DQO, contenido de cromo entre otros los cuales se obtendrán en la caracterización de las mismas</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Desarrollar una ingeniería conceptual para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de curtiembres de tipo artesanal e industrial de la provincia de Tungurahua.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizar las tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales generadas en los procesos productivos de curtiembre. ✓ Elaborar diagramas de flujo básicos de las diferentes tecnologías de tratamiento seleccionadas para las PTAR 	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>La ingeniería conceptual de las PTAR permitirá el desarrollo de distintos esquemas de tratamiento de acuerdo a las características de los efluentes líquidos a tratar, provenientes de los procesos productivos de curtiembre de la provincia de Tungurahua, a fin de cumplir con la normativa ambiental vigente</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Al realizar el análisis de las tecnologías aplicadas en el tratamiento de los efluentes líquidos de curtiembres tanto artesanales como industriales de la provincia de Tungurahua, podremos darnos cuenta si son eficientes para la mitigación de los impactos ambientales. ✓ Al elaborar los diagramas de flujos de las tecnologías para el tratamiento de aguas 	<ul style="list-style-type: none"> • Color • Temperatura • pH • Turbidez • Conductividad • Solidos suspendidos • DBO • DQO • Cloruros • Sulfatos • Sulfuros • NKT • Cromo • Nitratos • Nitritos • Dureza • Alcalinidad

<p>de las curtiembres de tipo artesanal e industrial.</p> <p>✓ Realizar balances de masa con datos reales de las industrias de curtiembre, para las PTAR propuestas.</p> <p>✓ Elaborar matrices comparativas y de evaluación entre las diferentes PTAR.</p> <p>✓ Estimar los costos de implantación de cada una de las PTAR mediante softwares.</p>	<p>residuales, seleccionaremos las PTAR más adecuadas, para los efluentes de cada industria de acuerdo a su naturaleza y necesidad.</p> <p>✓ Al efectuar los balances de masa con los datos reales obtenidos en las industrias curtiembres, se podrá seleccionar la mejor opción de PTAR de acuerdo a la cantidad de materia que se vaya a tratar en las diferentes curtiembres.</p> <p>✓ Al construir matrices comparativas se conseguirá apreciar los factores de flexibilidad, facilidad operacional, generación de desechos y madurez de las tecnologías además de las PTAR seleccionadas.</p> <p>✓ Con la estimación de los costos relacionados al tratamiento de los efluentes líquidos, determinados a través de softwares, se evaluará el valor de los equipos principales y adicionalmente los costos de instalación y otros componentes de las PTAR a implementar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal de entrega • Caudal de salida • Alturas • Capacidad del tambor del proceso • Distancias
---	--	--

2.3. Tipo y Diseño de la Investigación

Este proyecto presenta un diseño investigativo de ingeniería conceptual, en el que se analiza las tecnologías utilizadas para el tratamiento de aguas residuales de las Curtiembres Artesanales e Industriales de Tungurahua y posteriormente se realizaron balances de masa y matrices comparativas en un esquema general, con información real que nos proporcionaron las diferentes curtiembres consideradas para este estudio.

2.3.1. Método Deductivo

El método deductivo consiste en la totalidad de reglas y procesos, mediante el cual podemos llegar a conclusiones finales a partir de enunciados supuestos llamados premisas. El principal problema son los parámetros fuera de norma del agua, para los cuales se investigará métodos de trazabilidad para mejorar la misma, y para que de esta manera de cumpla con las normativas del Ministerio del Ambiente

2.3.2. Método Inductivo

Se analizará los problemas ocasionados por la calidad del agua, determinando soluciones y alternativas acorde a lo que los investigadores y autores de literatura han propuesto.

2.4. Unidad de Análisis

Los efluentes de las curtiembres artesanales e industriales de Tungurahua.

2.5. Población de Estudio

La investigación conceptual se realizará en la Provincia Tungurahua, en las curtiembres artesanales e industriales.

2.6. Tamaño de Muestra

Dado que es un proyecto de investigación tipo conceptual no se va a tener un tamaño determinado de muestra ya que no se analizará técnicamente el diseño sino se tendrán valores establecidos en bibliografías de diferentes investigaciones que han realizado diseños de plantas de tratamientos.

2.7. Técnica de Recolección de Datos

Dado que es un proyecto de tipo investigativo, y se recolecta datos de bibliografía las técnicas aplicadas que se utilizaron en la recolección de investigaciones se detallan a continuación:

- ✓ Búsqueda en libros, materia web y revistas científicas técnicas de diseño de plantas
- ✓ Interpretación y selección de la información que se establecen en las diferentes investigaciones.
- ✓ Análisis de la selección de investigaciones para el uso en las técnicas de ingeniería conceptual

2.7.1. Revisión bibliográfica

La presente investigación se procederá a realizar la revisión bibliográfica para los siguientes temas:

- ✓ Proceso de producción de la industria de curtiembre
- ✓ Caracterización típica de las aguas residuales de curtiembres
- ✓ Legislación ambiental local vigente
- ✓ Generalidades sobre tratamiento de aguas residuales
- ✓ Elaboración de propuestas de esquemas de tratamiento: diagrama de bloque, balances de masa aproximados, estimación de costos
- ✓ Comparación de tecnologías: Matrices de evaluación

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de resultados

3.1.1. *Esquemas de tratamientos utilizados en la actualidad en las curtiembres en estudio*

Al revisar y comparar las propuestas al organismo de control para el tratamiento de aguas residuales realizadas por industrias curtidoras y artesanales, se puede obtener el siguiente esquema, en muchos de los casos es utilizado en la actualidad y en otros ha quedado como propuesta de futura ejecución. Para objeto de la presente investigación, hemos considerado todos los sub procesos de tratamiento de aguas residuales que engloben a todos los sujetos de control.

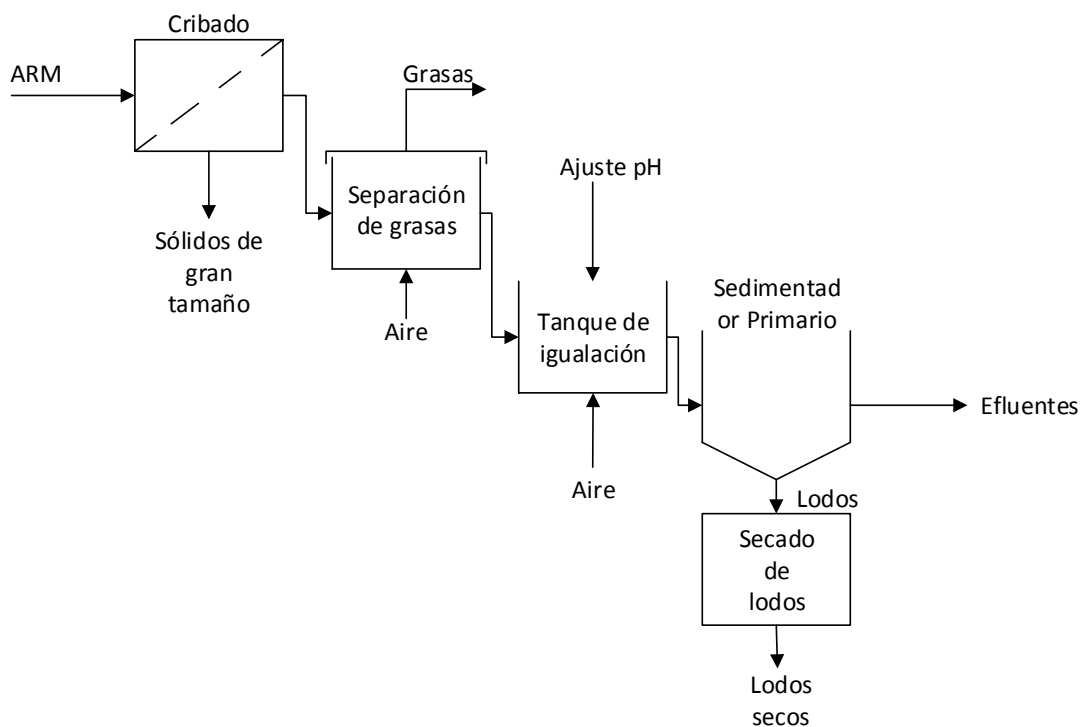


Figura 3-1: Esquemización del tratamiento común de la mezcla de aguas residuales provenientes del proceso de curtiembre de las empresas curtidoras y artesanales

El agua residual mezclada producto de los procesos de producción de la actividad de curtido del cuero, pasa por un sistema de cribado para la retención de sólidos de un considerable tamaño, estos sólidos pueden ser retazos de carne, cebos entre otros.

Posteriormente ingresa a un separador de grasas, es este punto, donde un mínimo número de empresas o artesanos curtidores inyectan aire al efluente tratado, es común que se de este proceso sin el mismo. El efluente pasa a un tanque de igualación u homogenización, donde ajustan el pH y caudal. Existen empresas u artesanos que utilizan este mismo tanque para la sedimentación, y otras en las que poseen un sedimentador posterior. Los sedimentadores primarios son en todos los casos estudiados, el último proceso utilizado en la actualidad en las empresas objeto de estudio. Donde, en contados casos es utilizado para realizar la coagulación y floculación, produciéndose una mayor cantidad de lodos.

Estos lodos son sometidos a secado en condiciones ambientales para posterior disposición final en terrenos adecuados para este fin en caso de las empresas, y al botadero municipal en el caso de los artesanos.

3.1.2. *Esquemas de tratamientos propuestos para curtiembre de similares características de sus descargas industriales*

El esquema general que a continuación se presenta, está diseñado para el ingreso de las aguas residuales mezcladas provenientes de todos los subprocesos de curtiembre. En primer lugar, se utiliza un sistema de cribado que retendrá los sólidos de gran tamaño, que puedan convertirse en un problema para los siguientes procesos del tratamiento, el método mecánico o manual, y frecuencia de limpieza de las rejillas utilizadas en esta operación dependerá de la cantidad de sólidos que contenga el efluente. El contenido de grasa y aceites será el parámetro determinante para el diseño del separador de grasas, que, está basado en el principio de flotación, por ser las grasas y aceites menos densas que el agua, y para su remoción se dispondrá de paletas desnatadoras. Al tanque de igualación u homogenización llegará el efluente para estabilizar su caudal, e inyectar aire para la prevención de la descomposición del contenido de materia orgánica. Además, se ajusta el pH, para posteriormente ser llevado a un caudal aproximado de 1.25 L/s hacia el sedimentador primario, que por efecto de la fuerza de la gravedad se depositará en el

fondo los sólidos sedimentables, obteniendo una reducción en la demanda química de oxígeno y la concentración de sólidos. Al estar el efluente casi en su totalidad libre de sólidos, ingresa al equipo de oxidación catalítica, en el cual tendrá el objetivo de eliminar el sulfuro de hidrógeno del efluente, mediante la adición de sulfato de manganeso en presencia de oxígeno, esta remoción de sulfuros es vital debido a que su presencia afectaría los tratamientos biológicos a la cual el efluente será posteriormente sometido.

En el equipo de oxidación catalítica se producirá sólidos suspendidos, debido a la formación de sales de manganeso y otros metales combinados con los sulfuros. Los sólidos suspendidos que no han sido removidos, debido a que, los tratamientos primarios tienen un 70% de remoción, será necesario la utilización de un tratamiento físico-químico para eliminar los sólidos suspendidos totales, tratamiento que se encuentra en función de las operaciones de la coagulación, floculación y sedimentación. Al adicionar un coagulante al efluente, vamos a observar que los metales, especialmente el cromo, van a precipitar, y para coadyuvar al proceso de precipitación se utilizará un químico floculante para formar flóculos de las partículas de los sólidos en suspensión y de esta forma precipiten a mayor velocidad, este proceso permite obtener una reducción de Sólidos Suspendidos Totales y Demanda Química de Oxígeno. El diseño del equipo de coagulación, floculación y sedimentación estará en función del tiempo de residencia del efluente y tiempo de precipitación de los flóculos formados.

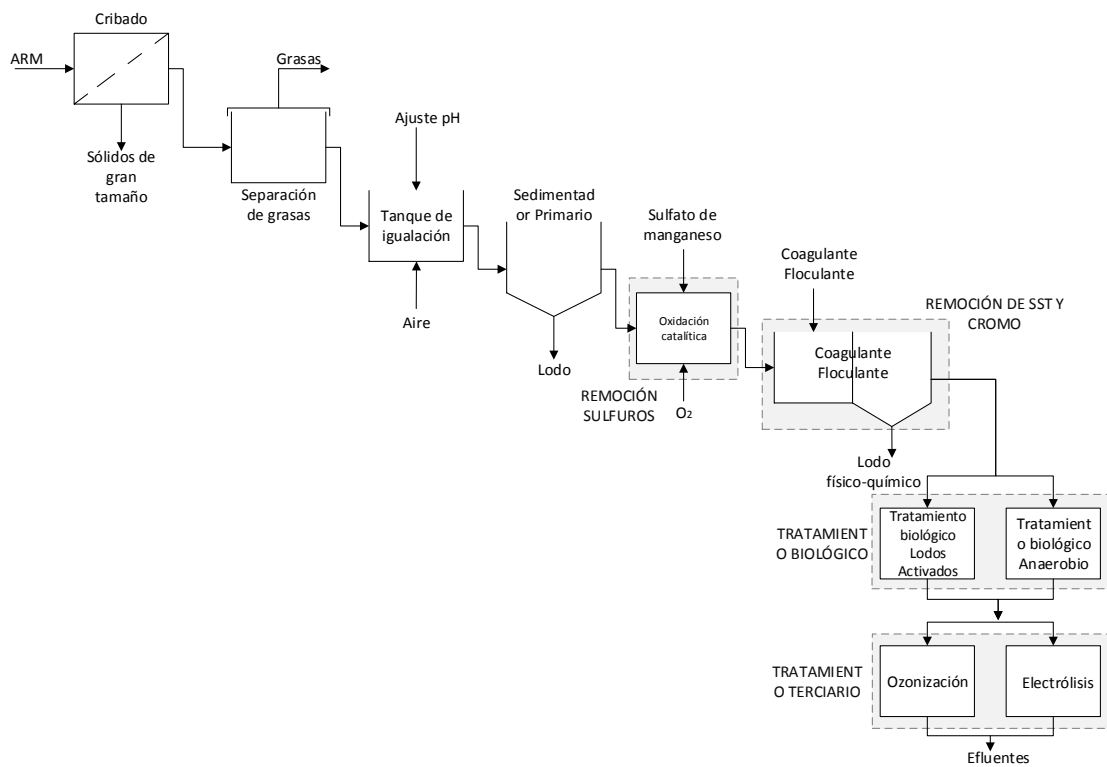


Figura 3-2: Esquematación general del tratamiento de la mezcla de aguas residuales provenientes del proceso de curtiembre

Fuente: Parada,2016.

Una vez que el efluente ha pasado por los procesos de tratamiento físico-químicos, ingresa a las unidades de tratamiento biológico, donde la selección del tipo de tratamiento estará en función de las características de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO), pudiendo obtenerse remociones de hasta el 95% de DBO en tratamientos aerobios, mientras que, con tratamientos anaerobios se puede obtener un 90% de remoción de DQO, la diferencia radica en que este último tipo de tratamiento permite el procesamiento de efluentes con una mayor carga orgánica.

En dependencia de los resultados de DBO_5 y DQO obtenidos de los procesos de tratamiento primarios y secundarios o biológicos, así como, del cumplimiento de los límites permisibles dispuestos por la normativa ambiental aplicable y la utilización final de la descarga, será evaluada la necesidad de utilizar uno de los tratamientos terciarios tentativos, considerando a la ozonificación y la electrólisis.

En el caso de la ozonificación, la tasa y tiempo de alimentación de ozono serán los preponderantes para la remoción de la demanda química de oxígeno, que en bibliografía se han registrado remociones de hasta un 38% de DQO utilizando este proceso por 30 minutos a una tasa de 42.8 mg/L. El proceso de electrólisis, estará en función de intensidad de corriente y consumo energético, registrándose en bibliografía una remoción de 80% de DQO par aun consumo de energía de 27.90 kWh/m³, con un tiempo de ejecución de 49 minutos. Este proceso puede obtener demandas químicas de oxígeno con 73 mg/L y 15 mg/L de nitrógeno amoniacal.

En la siguiente tabla se presentan los porcentajes (%) de remoción de las diferentes etapas de tratamiento primario en función de los datos presentados por estudios bibliográficos e informes de investigación.

Tabla 3-1: Porcentaje de remoción de etapas de tratamiento primario de aguas residuales industriales

Parámetro	Expresado en	Operación				
		Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación +sedimentación
DQO	% remoción		20 - 40	30 - 40	10	50 - 65
DBO	% remoción					50 - 65
SST	% remoción	30 - 40 sólidos gruesos		50 - 70		80 - 90
Cromo	mg/L en efluente					2 - 5
Sulfuros	mg/L en efluente				< 10	2 - 10
NTK	% remoción					40 - 50

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Parada,2016. (Tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de curtiembre.)

A continuación, se presentan los porcentajes (%) de remoción en tratamientos secundarios y terciarios, en base a los datos de estudios reportados en bibliografía específica y artículos científicos.

Tabla 3-2: Porcentaje de remoción de tratamientos terciarios y secundarios

Parámetro	Expresado en	Operación	
		Lodos activos convencionales	Ozonización
DQO	% remoción	80 – 95	20 – 40
DBO	% remoción	85 – 95	
Cromo	% remoción	95	
Sulfuros	% remoción	95	
NTK	% remoción	82 - 90	85

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Parada,2016. (Tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de curtiembre.)

En la siguiente tabla se presenta los porcentajes (%) de remoción obtenidos por medio de la utilización de un proceso de electrólisis.

Tabla 3-3: Porcentaje de remoción por el tratamiento de aguas residuales con el proceso de electrólisis

Parámetro	Tiempo = 73 min		Tiempo = 93 min		Tiempo = 135 min	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
DQO (mg/L)	375	0	2000	88	2500	99
% remoción de DQO		100		95.6		96
NTK (mg/L)	361	15 (N-NH3)	369	15 (N-NH3)	370	15 (N-NH3)

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Parada,2016. (Tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de curtiembre.)

Los porcentajes de remoción presentados en las tablas de esta sección se utilizan para realizar el balance de masa de cada una de las tecnologías presentadas en cada esquema.

3.1.3. *Tratamiento A. Tratamiento biológico de lodos activados y ozonificación de la mezcla de aguas residuales*

Este esquema de tratamiento considera la secuencia de operaciones de cribado, separador de grasas, tanque de igualación, sedimentador primario, oxidación catalítica y equipo para la coagulación-floculación. Posteriormente, inicia el tratamiento biológico, denominado lodos activados, es decir, el efluente es sometido a aireación, para mediante la aireación proceda la carga de microorganismos a metabolizar la materia orgánica y tener como

resultado compuestos simples. El diseño del proceso de lodos activados estará en función de periodos de retención y la concentración de inóculo o la denominada biomasa activada.

El efluente resultante ingresa a un sedimentador, que puede ser en el mismo tanque o en un equipo diseñado para este objeto, donde se realizará por la separación de los lodos por acción de la gravedad, obteniéndose un efluente clarificado que pasará al proceso de ozonificación. La biomasa debe permanecer en una concentración óptima para que el proceso pueda dar los resultados deseados, para lo cual, en el caso de ser necesario se debe purgar los excesos de biomasa.

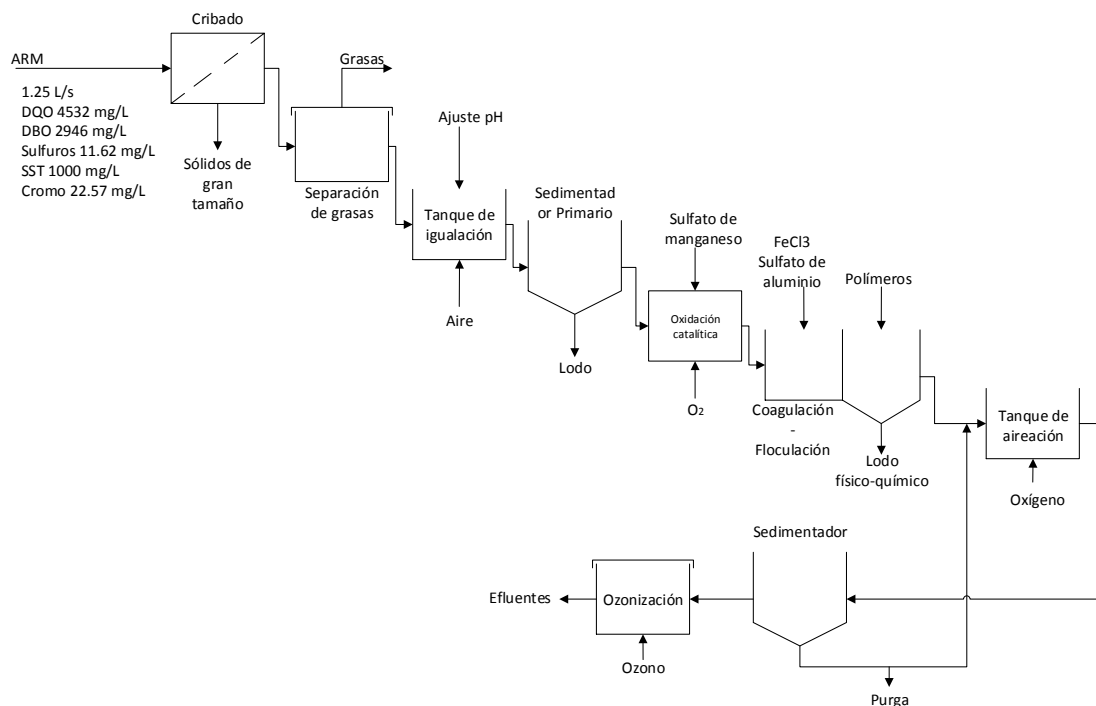


Figura 3-3: Esquemización del Tratamiento A propuesto

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Al salir el efluente del sedimentador secundario ingresa al proceso de ozonificación en el cual se procede a inyectar ozono para eliminar materia proveniente del tratamiento de lodos activados y posibles compuestos refractarios.

3.1.4. Tratamiento B. Tratamiento biológico de lodos activados y electrólisis de la mezcla de aguas residuales

Al igual que el tratamiento A, se mantiene la configuración de los tratamientos primarios y secundarios, así como, el tratamiento por lodos activados, con la diferencia de la utilización del método de electrólisis, que una aplicación de 49 minutos se puede lograr remociones de un 80% de DQO, pudiendo obtener concentraciones en el efluente final de 79 mg/L de DQO y 15 mg/L de nitrógeno amoniacal respectivamente.

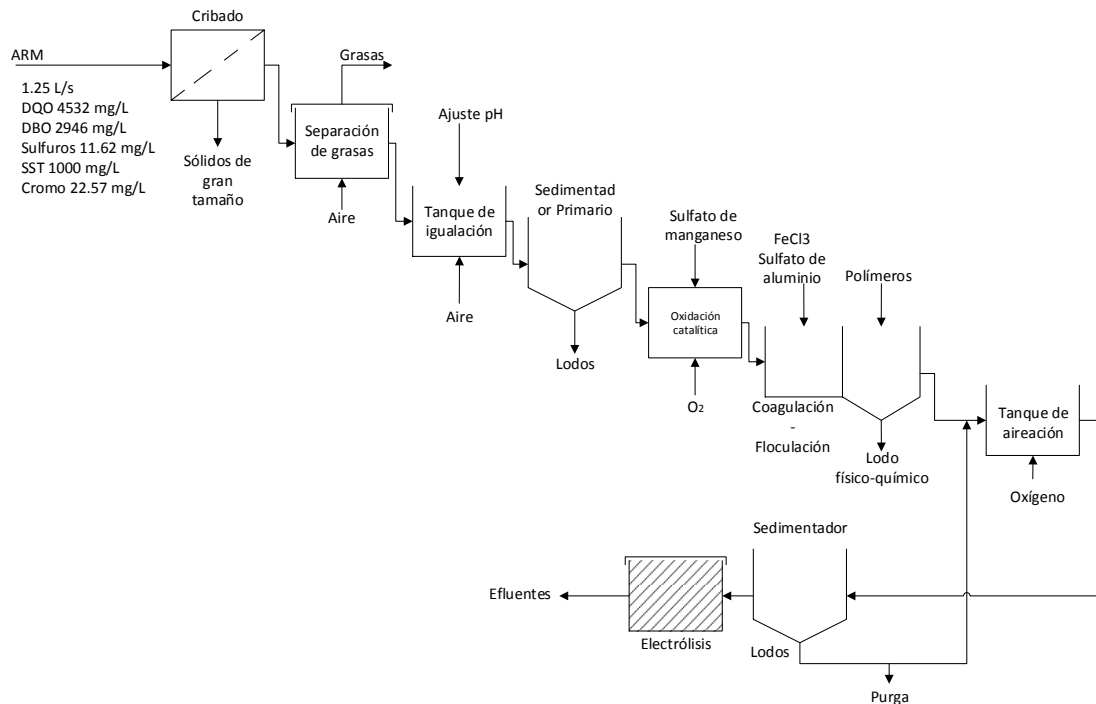


Figura 3-4: Esquemización del Tratamiento B propuesto

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

3.1.5. Tratamiento C. Tratamiento biológico anaerobio y ozonificación de la mezcla de aguas residuales

En la propuesta del tratamiento C, se puede observar que los tratamientos primarios y secundarios se mantienen, diferenciándose de las otras propuestas la utilización de un tratamiento biológico, de tipo anaerobio, en donde ingresa un reactor de estas características, para posteriormente ingresar al proceso de ozonización.

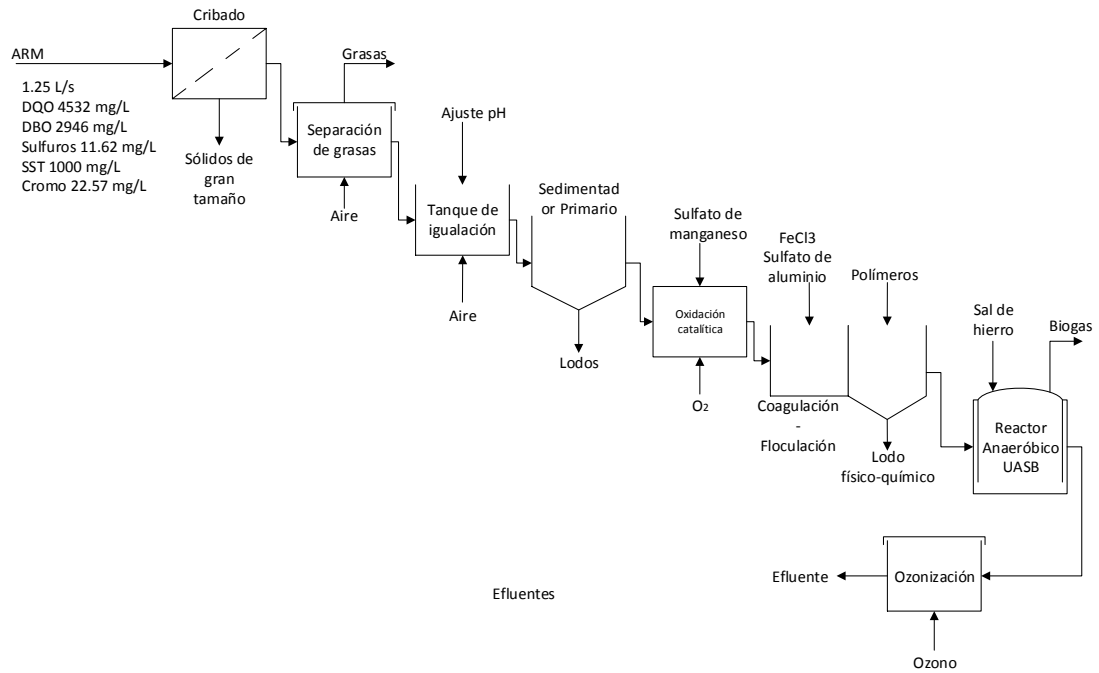


Figura 3-5: Esquematización del Tratamiento C propuesto

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

En el tratamiento biológico anaerobio tenemos como subproducto al biogás, el mismo que, puede ser utilizado, en función de la cantidad que se genere. La ventaja de la utilización de un proceso biológico anaerobio es la posibilidad de tratar de forma más eficiente cargas de DQO más elevadas de las que puede tratar los tratamientos biológicos aerobios. Además, de producir menor cantidades de lodos.

3.1.6. *Tratamiento D. Tratamiento biológico anaerobio y electrólisis de la mezcla de aguas residuales*

Este esquema se diferencia de la anterior propuesta en la utilización de electrólisis, y como se puede observar se mantienen los tratamientos primarios, secundarios y el tratamiento biológico anaerobio, para finalmente ingresar al proceso de electrólisis.

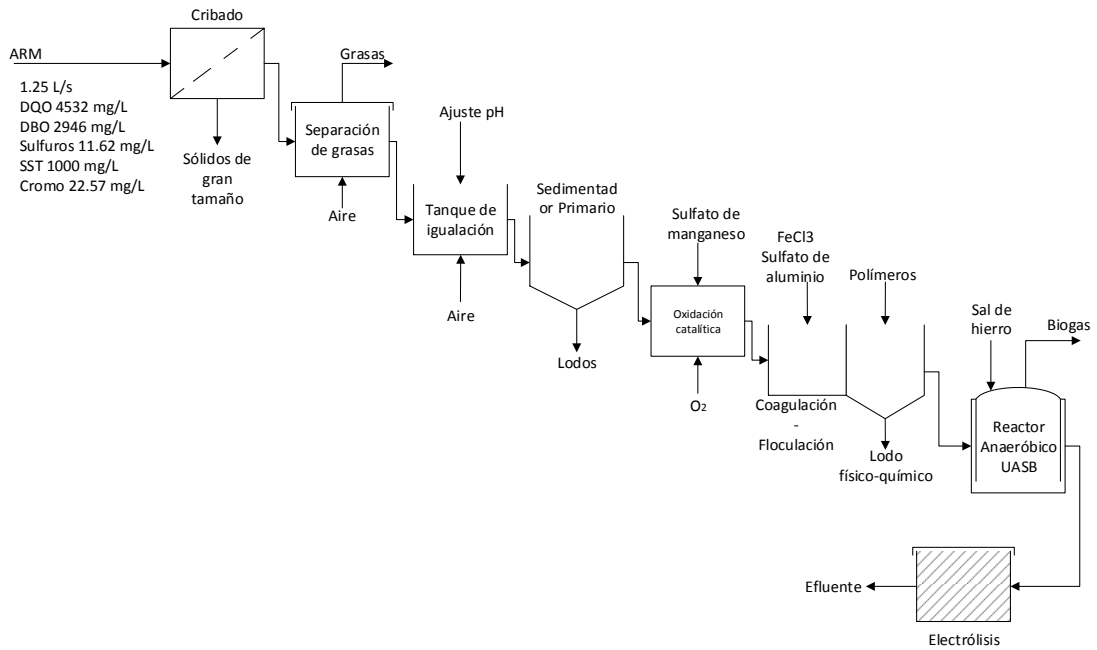


Figura 3-6: Esquemático del Tratamiento D propuesto

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

3.1.7. Tratamiento E. Recuperación de cromo

En este apartado se presenta un esquema donde el objetivo es la recuperación del cromo, cuando se presenta una concentración elevada de este metal, tal como, es el caso de las descargas líquidas provenientes del proceso de curtido, mediante la utilización de osmosis inversa, reportándose una recuperación de hasta un 99.5%. Para la utilización de este tipo de tratamiento es imprescindible, la utilización de filtración que es realizada en etapas.

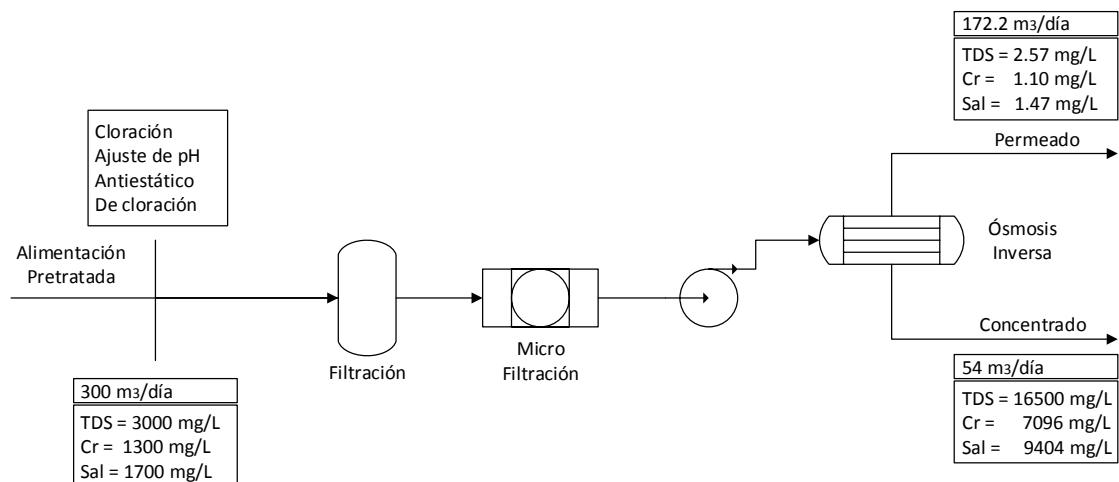


Figura 3-7: Esquemático de ósmosis inversa para la remoción y recuperación de cromo

Realizado por: Jhonatan Valle, 2018

La concentración de cromo que se presenta antes de la filtración es de 1300 mg/L y se obtiene un concentrado posterior a la operación de osmosis inversa con una concentración de cromo de 7096 mg/L y el permeado una concentración de 1.10 mg/L. De lo cual se puede manifestar que, se puede utilizar ambas corrientes para reingreso al proceso de curtido.

3.1.8. *Residuos sólidos generados en la operación de estación de tratamientos de efluentes líquidos*

La producción de residuos sólidos generados por el tratamiento de los efluentes líquidos, son difíciles de gestionar de forma económica. De forma general, una tonelada de piel salada genera en su etapa de acabado hasta 100 kg de lodo seco, en términos de masa y volumen. En promedio la generación de lodos en el sedimentador primario y secundario corresponde a un 2% de materia seca, de esta forma 5000 kg de lodo serán producida por cada tonelada de piel salada, esto puede ser presentado como 1012 kg de lodo por metro cúbico (1012 kg/m³), obteniéndose 4.94 m³ de lodo sedimentado por tonelada de piel procesada. Se debe manifestar que, mayor sea la eficiencia del tratamiento físico-químico mayor será la cantidad de lodos. La cantidad de residuos generados en la producción de Wet-Blue equivale al 35% del lodo total producido en la planta de tratamiento, y el 0.5% de estos residuos corresponde a la pintura utilizada en este proceso.

En el diseño conceptual se ha identificado que, lo ideal es obtener lodos perfectamente separados en dos partes, los que contienen cromo y los que provienen de las operaciones libres del mismo. Estos últimos pueden ser deshidratados utilizando medios mecánicos y posterior utilización para el acondicionamiento del suelo. Los lodos que contienen cromo pueden ser re utilizados en los procesos de curtido mediante el lavado con hidróxido de sodio para su acondicionamiento y reutilización. De esta forma los residuos sólidos provenientes del tratamiento de sus efluentes líquidos son reducidos a cantidades mínimas, las cuales son dispuestas en confinación por la presencia de cromo y reduciendo el espacio necesario para tal efecto. Otros residuos sólidos provienen del proceso de cribado, donde por lo general se encontrará felpa de cuero e impurezas, al ser estas materias orgánicas en su totalidad, también puede ser utilizado para el acondicionamiento del suelo.

3.1.9. *Confinamiento de residuos peligrosos producto de la planta de tratamiento de aguas residuales*

Para confinar los residuos clasificados como peligrosos se debería separar los residuos con presencia o no de cromo para confinar la mínima cantidad de residuos. Separado los residuos peligrosos a ser confinados, se procederá a identificar el sitio destinado en función de la estabilidad del terreno, permeabilidad del material, compactación entre las propiedades más importantes. El objetivo es determinar la no filtración de los contaminantes. Seleccionado el sitio de confinamiento, se procede a la construcción de celdas de confinamiento, las cuales deben tener un tiempo mínimo de confinamiento de 12 meses, considerando que, períodos largos de confinamiento pueden provocar problemas con respecto a los lixiviados provocados por lluvias. Las celdas de confinamiento deben poseer tres drenajes, uno que rodea a las celdas para evitar que las aguas de las lluvias ingresen a los residuos confinados, de igual forma un drenaje entre celdas que cumple el mismo objetivo. Un drenaje sub superficial que permita drenar los lixiviados hacia una celda específica donde se podrá realizar los tratamientos respectivos antes de su disposición final.

3.1.9.1. *Balance de masa de esquemas propuestos*

El análisis del balance de masa de los esquemas propuestos se realiza de acuerdo al siguiente sistema definido:

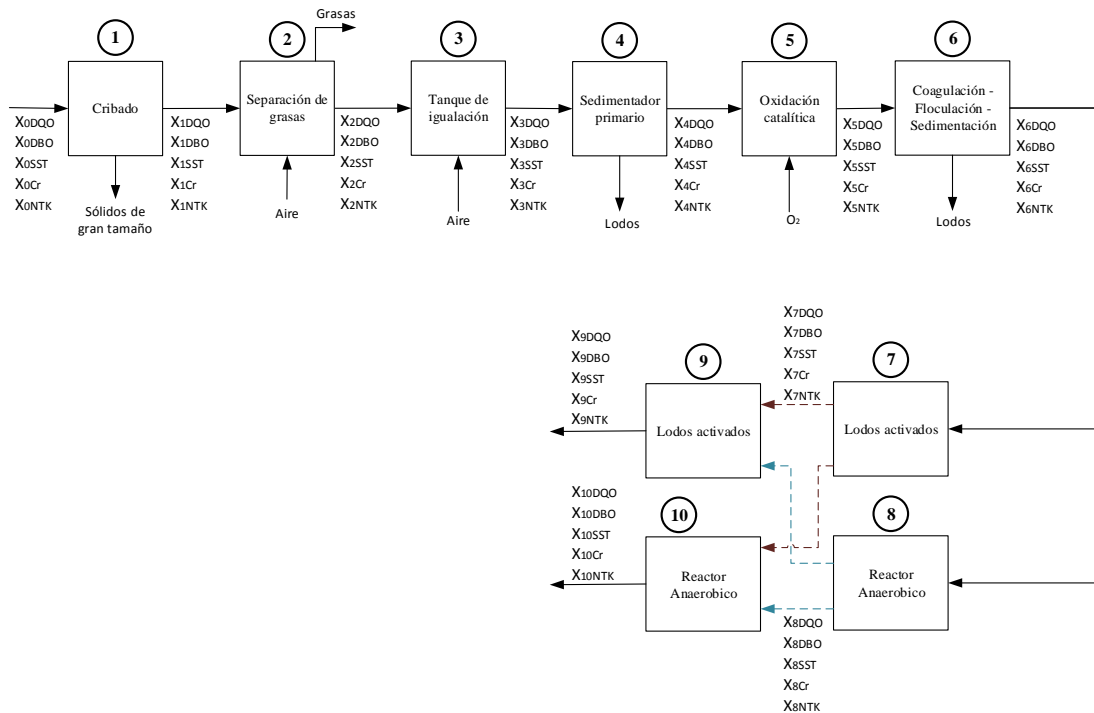


Figura 3-8: Sistema para el balance de masa de los tratamientos propuestos
Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Del sistema presentado, podemos manifestar que, el balance de masas se centra en la determinación de las fracciones de los contaminantes en cada uno de los tratamientos, debido a que, los mismos tienen una entrada y salida, sin tener mayor grado de importancia para este trabajo, los procesos químicos-físicos o biológicos que sucedan dentro de cada uno de ellos.

A continuación, se presentan los balances generales y específicos de los tratamientos presentados en sus respectivos esquemas propuestos.

Tabla 3-4: Balance de masa por etapas del tratamiento primario y secundario para los residuos líquidos provenientes del proceso de pelambre de curtiembre lobjeto de estudio

Parámetro, mg/L	Afluente		Efluentes de cada etapa			
	Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
DQO	46175	46175,0	36940,00	25858,00	23272,20	11636,10
DBO	9200					3220,00
SST	4433	4388,67		1316,60		263,32
Cromo	0,11					0,01
Sulfuros	0,3				0,21	0,05
NTK (N-NH3)	52,5					26,25

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-4: Balance de masa de tratamientos propuestos posterior a los tratamientos secundario y terciario de las descargas líquidas provenientes del proceso de pelambre de curtidora 1 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	Lodos convencionales	activados Ozonización	Lodos convencionales	activados Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
DQO	2327,22	1442,88	2327,22	465,44	1745,42	1082,16	1745,42	17,45
DBO	322,00	322,00	322,00	322,00	322,00	3220,00	322,00	322,00
SST	0,00	263,32	0,00	263,32	0,00	263,32	0,00	263,32
Cromo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfuros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05
NTK (N-NH3)	21,53	3,23	21,53	2,15	21,53	3,23	21,53	2,15

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-5: Balance de masa por etapas del tratamiento primario y secundario para los residuos líquidos provenientes del proceso de curtido de Curtidora 1 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Afluente	Efluentes de cada etapa				
	Alimentación	Cribo do	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
DQO	22238	22238	17790,40	12453,28	11207,95	5603,98
DBO	7770					2719,50
SST	244	241,56		72,47		14,49
Cromo	0,11					0,01
Sulfuros	0,3				0,21	0,05
NTK (N- NH3)	71					35,50

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-6: Balance de masa de tratamientos propuestos posterior a los tratamientos secundario y terciario de las descargas líquidas provenientes del proceso de curtido de Curtidora 1 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
DQO	1120,80	694,89	1120,80	224,16	840,60	521,17	840,60	8,41
DBO	271,95	271,95	271,95	271,95	271,95	2719,50	271,95	271,95
SST	0,00	14,49	0,00	14,49	0,00	14,49	0,00	14,49
Cromo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfuros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05
NTK (N- NH3)	29,11	4,37	29,11	2,91	29,11	4,37	29,11	2,91

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-7: Balance de masa por etapas del tratamiento primario y secundario para los residuos líquidos provenientes del proceso de teñido de Curtidora 1 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Afluente	Efluentes de cada etapa							
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	de Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación sedimentación	+floculación	+
		17362,0							
DQO	17362	0	13889,60	9722,72	8750,45			4375,22	
DBO	5060							1771,00	
SST	448	443,52		133,06				26,61	
Cromo	0,05							0,00	
Sulfuros	0,3					0,21		0,05	
NTK (N- NH3)	398							199,00	

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-8: Balance de masa de tratamientos propuestos posterior a los tratamientos secundario y terciario de las descargas líquidas provenientes del proceso de teñido de Curtidora 1 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	Lodos	activados	Lodos	activados	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
	convencionales	Ozonización	convencionales	Electrólisis				
DQO	875,04	542,53	875,04	175,01	656,28	406,90	656,28	6,56
DBO	177,10	177,10	177,10	177,10	177,10	1771,00	177,10	177,10
SST	0,00	26,61	0,00	26,61	0,00	26,61	0,00	26,61
Cromo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfuros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05
NTK (N- NH3)	163,18	24,48	163,18	16,32	163,18	24,48	163,18	16,32

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-9: Balance de masa de tratamientos primario y secundario de las descargas finales de la Curtiduría 2 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Afluente		Efluentes de cada etapa			
	Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
DQO	2100	2100,00	1680,00	1176,00	1058,40	529,20
DBO	13650					4777,50
SST	137	135,63		40,69		8,14
Cromo	55,06					4,96
Sulfuros	0,125				0,09	0,02
NTK (N-NH3)	-					-

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-10: Balance de masa de tratamientos propuestos posteriores a los tratamientos primarios y secundarios de las descargas finales de la Curtiduría 2 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
DQO	105,84	65,62	105,84	21,17	79,38	49,22	79,38	0,79
DBO	477,75	477,75	477,75	477,75	477,75	4777,50	477,75	477,75
SST	0,00	8,14	0,00	8,14	0,00	8,14	0,00	8,14
Cromo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sulfuros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
NTK (N-NH3)	-	-	-	-	-	-	-	-

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Promabal,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-12: Balance de masa de tratamientos primario y secundario de las descargas finales de la Curtiduría 3 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Afluente		Efluentes de cada etapa			
	Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
DQO	4230	4230,00	3384,00	2368,80	2131,92	1065,96
DBO	1700					595,00
SST	403	398,97		119,69		23,94
Cromo	0,078					0,01

Sulfuros	193,35	133,41	32,87
NTK (N-NH3)	69,4		34,70

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Bioactivo,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-11: Balance de masa de tratamientos propuestos posteriores a los tratamientos primarios y secundarios de las descargas finales de la Curtiduría 3 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
DQO	213,19	132,18	213,19	42,64	159,89	99,13	159,89	1,60
DBO	59,50	59,50	59,50	59,50	59,50	595,00	59,50	59,50
SST	0,00	23,94	0,00	23,94	0,00	23,94	0,00	23,94
Cromo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfuros	1,64	1,64	1,64	1,64	0,00	32,87	0,00	32,87
NTK (N-NH3)	28,45	4,27	28,45	2,85	28,45	4,27	28,45	2,85

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Bioactivo,2015 (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-12: Balance de masa de tratamientos primario y secundario de las descargas finales de la Curtiduría 4 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Afluente		Efluentes de cada etapa					
	Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación sedimentación	+floculación	+
DQO	4593	4593,0		3674,40	2572,08	2314,87		1157,44
DBO	2257							789,95
SST	622	615,78			184,73			36,95
Cromo	0,3							0,03
Sulfuros	360					248,40		61,20
NTK (N-NH3)	-							-

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Cueros, 2915. (Calculos de balance de masa)

Tabla 3-13: Balance de masa de tratamientos propuestos posteriores a los tratamientos primarios y secundarios de las descargas finales de la Curtiduría 4 objeto de estudio

Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
	Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
DQO	231,49	143,52	231,49	46,30	173,62	107,64	173,62	1,74
DBO	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	789,95	79,00	79,00
SST	0,00	36,95	0,00	36,95	0,00	36,95	0,00	36,95

Cromo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfuros	3,06	3,06	3,06	3,06	0,00	61,20	0,00	0,00	61,20
NTK (N-NH3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Bioactivo,2015 (Calculos de balance de masa)

3.2. Pruebas de hipótesis

Las hipótesis planteadas se comprobaron por medio de métodos comparativos que establecían las diferencias tanto positivas como negativas de cada tratamiento a emplearse, mediante la realización de balances de masa, estimación de costos reales, viabilidad e implementación de equipos y tratamientos, mitigación de impacto ambiental, etc.

Todo esto con datos reales de las curtiembres de tipo artesanal e industrial de Tungurahua

3.2.1. Hipótesis 1

Al realizar el análisis de las tecnologías aplicadas en el tratamiento de los efluentes líquidos de curtiembres tanto artesanales como industriales de la provincia de Tungurahua, podremos darnos cuenta si son eficientes para la mitigación de los impactos ambientales.

La hipótesis mencionada se logró comprobar mediante la implementación del tratamiento biológico anaerobio y electrolisis de la mezcla de aguas residuales (tratamiento D), ilustrado en la figura 4-6 debido a que éste presenta la mayor cantidad de remoción de Cromo y DQO de las aguas residuales provenientes de las curtiembres tanto artesanales como industriales de la provincia de Tungurahua, ya que en la fase final de la operación se utiliza electrolisis llegando a alcanzar el 99.9% de efectividad de remoción en ambos casos, con la presencia de biogás, demostrando la capacidad de mitigación de impactos ambientales al saber que el Cromo es el metal que mayor contaminación e impacto ambiental ocasiona en la industria curtiembre, así como el DQO que es la unidad encargada de medir la cantidad de sustancias susceptibles a oxidarse por medios químicos que se encuentran disueltos en suspensión en una muestra líquida. Esto sin tomar en cuenta la producción de combustible ecológico como es el biogás.

A continuación, se ilustra una matriz comparativa que comprueba el porcentaje de remoción de Cromo y DQO del tratamiento D en relación a los demás tratamientos.

Tabla 3-16: Porcentaje de remoción de Cromo y DQO en base a los tratamientos empleados

	DQO	Cromo
TRATAMIENTO D	100%	100%
TRATAMIENTO B	98%	100%
TRATAMIENTO C	98%	100%
TRATAMIENTO A	97%	100%

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

3.2.2. *Hipótesis 2*

Al elaborar los diagramas de flujos de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, seleccionaremos las plantas de tratamiento de aguas residuales más adecuadas, para los efluentes de cada industria de acuerdo a su naturaleza y necesidad.

Una vez que se elaboraron los esquemas propuestos en el presente trabajo de investigación, el tratamiento biológico anaerobio y electrolisis de la mezcla de aguas residuales (tratamiento D), es el tratamiento más adecuado para la implementación, ya que este tratamiento que consiste en la utilización de tratamientos primarios y secundarios tales como, cribado, separación de grasas, tanques de igualación, sedimentación primaria, oxidación catalítica, coagulación y floculación, posteriormente pasa por un tratamiento biológico anaeróbico con la generación de biogás y finalmente llega a un tratamiento por electrólisis.

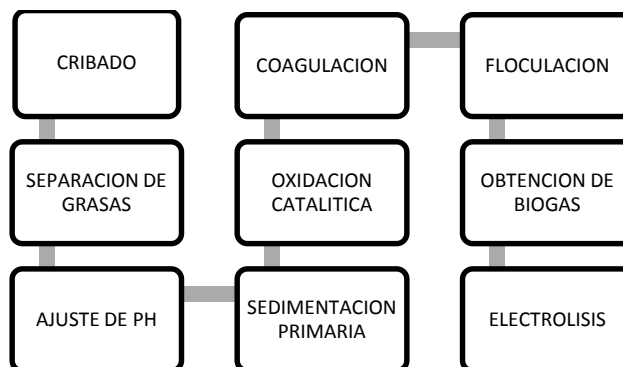


Figura 3-9: Esquema del tratamiento D

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

3.2.3. *Hipótesis 3*

Al efectuar los balances de masa con los datos reales obtenidos en las industrias curtiembres, se podrá seleccionar la mejor opción de planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a la cantidad de materia que se vaya a tratar en las diferentes curtiembres.

Una vez realizados los balances de masa, y utilizando los datos reales de la industria curtiembre, tanto artesanal como industrial de la provincia de Tungurahua se demostró que tanto los tratamientos aerobios como anaerobios tienen un porcentaje de remoción muy parecido, debido a que los primeros representan un costo más alto en relación a los anaerobios, esto por motivo de la inyección de oxígeno a través del aire para el proceso de descontaminación requerido por este tipo de mecanismo de acuerdo a la cantidad de materia ingresada

En el caso de los tratamientos terciarios sin duda el proceso de electrolisis es el que mejor rendimiento presentó a comparación del tratamiento por ozonización.

A continuación, se ilustra un gráfico de barras que nos ayuda a determinar la superioridad de un tratamiento sobre otro.

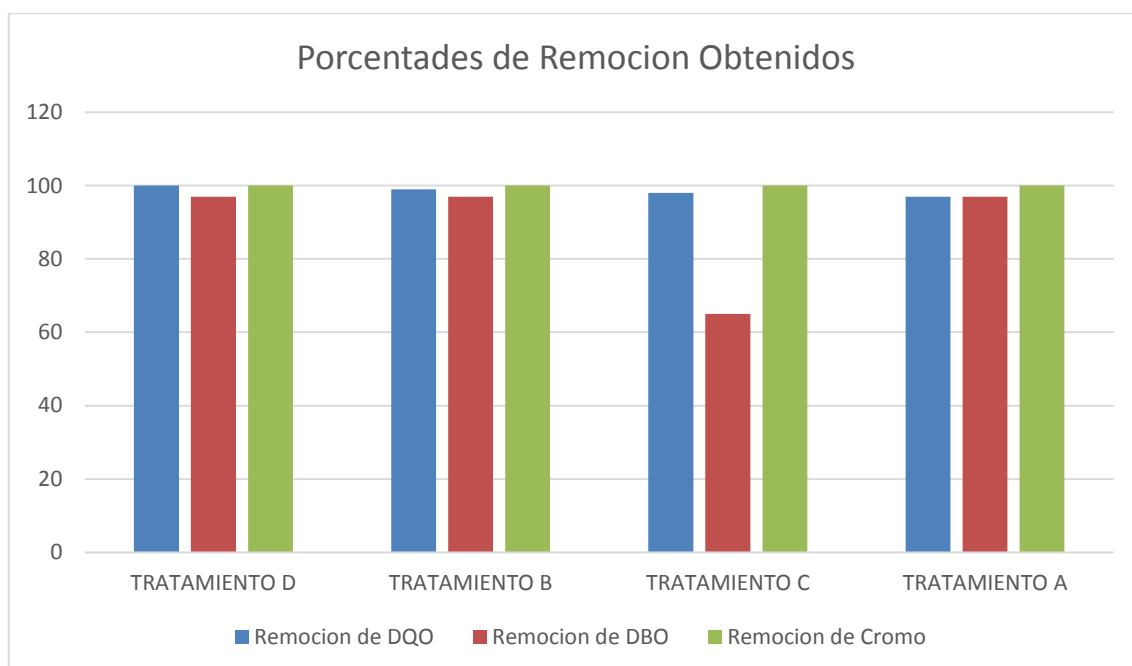


Gráfico 1-3: Porcentajes de remoción obtenidos

Realizado por: **Jhonatan Valle**, 2018

3.2.4. *Hipótesis 4*

Al construir matrices comparativas se conseguirá apreciar los factores de flexibilidad, facilidad operacional, generación de desechos y madurez de las tecnologías además de las plantas de tratamiento de aguas residuales seleccionadas.

La industria de la curtiembre genera diferentes corrientes de aguas residuales de acuerdo al proceso del cual proviene. De acuerdo a los resultados obtenidos en los balances de masas con valores reales de los tratamientos propuestos anteriormente, la separación de las corrientes de descargas líquidas para el tratamiento individual, mejora los resultados obtenidos de sus procesos de descontaminación, y de mitigación del impacto ambiental, más, no es habitual realizarlo debido a los costos que implica la implementación de este tipo de procesos, siendo una práctica habitual, el tratamiento conjunto de las corrientes de descargas líquidas.

Este aspecto tiene un mayor impacto en las curtidurías artesanales a diferencia de las industriales por los limitados recursos disponibles y el tipo de procesos implementados y utilizados en este tipo de actividades.

3.2.5. *Hipótesis 5*

Con la estimación de los costos relacionados al tratamiento de los efluentes líquidos, determinados a través de softwares, se evaluará el valor de los equipos principales y adicionalmente los costos de instalación y otros componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales a implementar.

La evaluación económica de los tratamientos anteriormente presentados, nos dieron como resultado que el tratamiento de remoción de cromo (E), por osmosis inversa es el que presenta el costo más elevado debido a los altos costos de su implementación y mantenimiento, además de ser un tratamiento tecnológicamente complicado debido a la complejidad que presenta el proceso completo. Los tratamientos en los que está presente la electrólisis (B y D) son los tratamientos que tienen un menor costo en relación a los tratamientos que utilizan la ozonización como tratamiento (A y C). Mientras que, los tratamientos anaerobios (B y D) son los que tienen menor costo en relación a los tratamientos aerobios, (A y C), esto por la mínima utilización de energía que requieren los tratamientos anaerobios, ya que se abstienen de la inyección de oxígeno.

La tecnología que presenta el menor costo corresponde al tratamiento D, que es la combinación de tratamientos primarios y secundarios con tratamientos anaerobio y electrólisis en su fase final, así mismo es el tratamiento que reduce la mayor cantidad de porcentaje de Cromo y de DQO presentes en los cuerpos líquidos que fueron analizados con datos reales, así como también la producción de biogás en una de las fases del tratamiento.

3.3. Discusión de resultados

3.3.1. Comparación de tratamientos propuestos

Un proyecto de ingeniería tiene que evaluar la pre factibilidad técnica y económica antes de iniciar la construcción, el análisis de los resultados obtenidos del diseño conceptual tiene una radical importancia, debiendo seleccionar un diseño que sea técnicamente viable sin recaer en un alto costo de inversión inicial, costos de operación, mantenimiento preventivo y correctivo. Se debe determinar las condiciones generales de los tratamientos de curtiembre, para lo cual se presentan dos tablas con los principales parámetros o factores involucrados en la selección de uno de los tratamientos propuestos.

Tabla 3-14: Matriz de comparación de tratamientos biológicos propuestos

Parámetro	Tratamiento Biológico	
	Aerobio Lodos activados convencionales	Anaerobio Reactor
Flexibilidad		
Cargas orgánicas que procesa	Intermedia	Altas
Facilidad Operacional		
Cantidad de equipos	Media	Baja
Tipos de equipos	Sencillo	Sencillo
Control y automatización	Baja	Media
Insumos	Bajo	Bajo
Energía (electricidad)	Medio	Bajo
Desechos		
Tipo	Lodos biológicos	Lodos biológicos
Cantidad	Alta	Baja
Madurez de la tecnología	Madura	Madura
Costos	Intermedio	Bajo

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Parada,2016 (Tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de curtiembre)

En la anterior tabla, se puede observar que los reactores anaerobios, permiten el ingreso de efluentes con altas cargas orgánicas para el proceso de descontaminación, presentándose solo el factor de control y automatización como un parámetro superior

referente al tratamiento aerobio por lodos activados convencionales, siendo este último más costoso que el proceso anaeróbico.

Tabla 3-15: Matriz de comparación de tratamientos terciarios propuestos

Parámetros	Tratamiento terciario	
	Ozonización	Electrólisis
Flexibilidad		
Carga que procesa	Intermedia	Intermedia
Facilidad Operacional		
Cantidad de equipos	Media	Media
Tipos de equipos	Complejo	Complejo
Control y automatización	Alta	Alta
Insumos	Ozono, electrodos	Electrodos
Energía (electricidad)	Muy Alto	Alto
Desechos		
Tipo	Ninguno	Ninguno
Cantidad	N/A	N/A
Madurez de la tecnología	Madura	Madura
Costos	Alta	Medio

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Parada,2016 (Tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de curtiembre)

Con respecto a la comparación entre tratamiento terciario de ozonización y electrólisis se puede indicar que la diferencia entre uno y otro tratamiento se encuentra en que la ozonización utiliza mucha más energía, así como el propio diseño de los equipos son mucho más especializados por lo que su costo es más elevado. Cabe mencionar que, los dos tipos de tratamientos son considerados diseños complejos.

En las siguientes tablas, se presenta la comparación de los tratamientos propuestos en este estudio, en base a los resultados de remoción de contaminantes de acuerdo a la ingeniería conceptual desarrollada en esta investigación, con datos reales del análisis de las descargas líquidas residuales de varias empresas curtidoras o artesanales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-18: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de DQO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Afluente		Efluentes de cada etapa			
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
Pelambre	DQO	46175	46175	36940	25858	23272,2	11636,1
Curtido	DQO	22238	22238	17790,4	12453,28	11207,95	5603,98
Teñido	DQO	17362	17362	13889,6	9722,72	8750,45	4375,22
Descarga Final	DQO	2100	2100	1680	1176	1058,4	529,2
Descarga Final	DQO	4230	4230	3384	2368,8	2131,92	1065,96
Descarga Final	DQO	4593	4593	3674,4	2572,08	2314,87	1157,44

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-16: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de DBO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Afluente		Efluentes de cada etapa			
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
Pelambre	DBO	9200					3220
Curtido	DBO	7770					2719,5
Teñido	DBO	5060					1771

Descarga			
Final	DBO	13650	4777,5
Descarga			
Final	DBO	1700	595
Descarga			
Final	DBO	2257	789,95

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-17: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de SST en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Afluente	Efluentes de cada etapa			
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica
Pelambre	SST	4433	4388,67		1316,6	263,32
Curtido	SST	244	241,56		72,47	14,49
Teñido	SST	448	443,52		133,06	26,61
Descarga Final	SST	137	135,63		40,69	8,14
Descarga Final	SST	403	398,97		119,69	23,94
Descarga Final	SST	622	615,78		184,73	36,95

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-18: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de Cromo en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Afluente	Efluentes de cada etapa				
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
Pelambre	Cromo	0,11					0,01
Curtido	Cromo	0,11					0,01
Teñido	Cromo	0,05					0
Descarga Final	Cromo	55,06					4,96
Descarga Final	Cromo	0,078					0,01
Descarga Final	Cromo	0,3					0,03

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-19: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de Sulfuros en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Afluente	Efluentes de cada etapa				
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
Curtido	Sulfuros	0,3				0,21	0,05
Pelambre	Sulfuros	0,3				0,21	0,05
Teñido	Sulfuros	0,3				0,21	0,05
Descarga Final	Sulfuros	0,125				0,09	0,02
Descarga Final	Sulfuros	193,35				133,41	32,87
Descarga Final	Sulfuros	360				248,4	61,2

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-20: Matriz de comparación de tratamientos primarios y secundarios con respecto al parámetro de NTK en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Afluente	Efluentes de cada etapa				
		Alimentación	Cribado	Separador de grasas	Sedimentación primaria	Oxidación catalítica	Coagulación +floculación + sedimentación
Pelambre	NTK (N-NH3)	52,5					26,25
Curtido	NTK (N-NH3)	71					35,5

Teñido	NTK (N-NH3)	398	199
Descarga Final	NTK (N-NH3)	69,4	34,7

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-21: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de DQO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
		Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
Pelambre	DQO	2327,22	1442,88	2327,22	465,44	1745,42	1082,16	1745,42	17,45
Curtido	DQO	1120,8	694,89	1120,8	224,16	840,6	521,17	840,6	8,41
Teñido	DQO	875,04	542,53	875,04	175,01	656,28	406,9	656,28	6,56
Descarga Final	DQO	105,84	65,62	105,84	21,17	79,38	49,22	79,38	0,79
Descarga Final	DQO	213,19	132,18	213,19	42,64	159,89	99,13	159,89	1,6
Descarga Final	DQO	231,49	143,52	231,49	46,3	173,62	107,64	173,62	1,74

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-22: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de DBO en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
		Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
Pelambre	DBO ₅	322	322	322	322	322	3220	322	322
Curtido	DBO ₅	271,95	271,95	271,95	271,95	271,95	2719,5	271,95	271,95
Teñido	DBO ₅	177,1	177,1	177,1	177,1	177,1	1771	177,1	177,1
Descarga Final	DBO ₅	477,75	477,75	477,75	477,75	477,75	4777,5	477,75	477,75
Descarga Final	DBO ₅	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5	595	59,5	59,5
Descarga Final	DBO ₅	79	79	79	79	79	789,95	79	79

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-23: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de SST en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D
		Ozonización	Electrólisis	Ozonización	Electrólisis
Pelambre	SST	263,32	263,32	263,32	263,32
Curtido	SST	14,49	14,49	14,49	14,49
Teñido	SST	26,61	26,61	26,61	26,61
Descarga Final	SST	8,14	8,14	8,14	8,14
Descarga Final	SST	23,94	23,94	23,94	23,94

Descarga Final	SST	36,95	36,95	36,95	36,95
----------------	-----	-------	-------	-------	-------

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-24: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de Cromo en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
		Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
Descarga Final	Cromo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-25: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de Sulfuros en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
		Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
Pelambre	Sulfuros	0	0	0	0	0	0,05	0	0,05
Curtido	Sulfuros	0	0	0	0	0	0,05	0	0,05
Teñido	Sulfuros	0	0	0	0	0	0,05	0	0,05
Descarga Final	Sulfuros	0	0	0	0	0	0,02	0	0,02

Descarga Final	Sulfuros	1,64	1,64	1,64	1,64	0	32,87	0	32,87
Descarga Final	Sulfuros	3,06	3,06	3,06	3,06	0	61,2	0	61,2

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

Tabla 3-26: Matriz de comparación de tratamientos propuestos con respecto al parámetro de NTK en efluentes provenientes de los diferentes procesos de producción

Origen efluente	Parámetro, mg/L	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C		Tratamiento D	
		Lodos activados convencionales	Ozonización	Lodos activados convencionales	Electrólisis	Reactor Anaerobio	Ozonización	Reactor Anaerobio	Electrólisis
Pelambre	NTK (N-NH3)	21,53	3,23	21,53	2,15	21,53	3,23	21,53	2,15
Curtido	NTK (N-NH3)	29,11	4,37	29,11	2,91	29,11	4,37	29,11	2,91
Teñido	NTK (N-NH3)	163,18	24,48	163,18	16,32	163,18	24,48	163,18	16,32
Descarga Final	NTK (N-NH3)	28,45	4,27	28,45	2,85	28,45	4,27	28,45	2,85

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Fuente: Informes ambientales presentados al ente de control de las descargas de curtiembre artesanales e industriales ubicadas en la provincia de Tungurahua.

De acuerdo a las tablas, la utilización de los tratamientos primario y secundario secuencialmente, no permite alcanzar los valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), exigida por la legislación aplicable, obteniéndose un 75% de remoción, por el conjunto de sub procesos tales como, cribado, separador de grasas, sedimentación primaria, oxidación catalítica, coagulación, floculación, y sedimentación. El sub proceso de coagulación, floculación y sedimentación, permite la remoción en un mayor porcentaje que las demás operaciones. Comportamiento similar, se puede observar con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), con un 65% de remoción final por acción de todo el tratamiento primario y secundario.

Los sólidos suspendidos totales son removidos en un 94% del efluente inicial, tratándose en los procesos de sedimentación primaria y coagulación, floculación, sedimentación, como es de esperarse. Con respecto al metal cromo los resultados que se presentan en los informes de las distintas empresas curtidoras o artesanales, son insignificantes a lo expuesto en bibliografía, considerando que muchas de estas, solo tienen tratamientos primarios y como máximo tratamientos secundarios para las descargas de líquidos residuales industriales antes de ser depositados en el cuerpo de agua designado; iguales característica tienen los sulfuros. El NTK (N-NH₃), presenta un porcentaje de reducción del 50%, reducido exclusivamente en el proceso de coagulación, flotación y sedimentación.

Con respecto a los tratamientos terciarios propuestos, se puede manifestar que, la mayor parte de los tratamientos propuestos tienen un porcentaje de remoción aceptable, pero no suficiente para cumplir con la normativa en función de la Demanda Química de Oxígeno y Bioquímica respectivamente, a excepción del tratamiento D, que utiliza un reactor anaerobio y el proceso de electrólisis, con porcentajes de remoción de DQO de hasta 99.9%, presentando valores muy inferiores al límite permisible según sea el caso. Con respecto a los sólidos suspendidos totales esta última propuesta tiene un porcentaje de remoción del 94%, de sulfuros de 83% y de NTK de un 96% de remoción.

A continuación, se presenta la jerarquización de los tratamientos propuestos en base a los porcentajes de remoción de los distintos parámetros que miden la contaminación ambiental.

Tabla 3-27: Jerarquización de tratamientos propuestos de acuerdo al porcentaje de remoción

	DQO	DBO	SST	Cromo	Sulfuros	NTK (N-NH3)
Tratamiento D	100%	97%	94%	100%	83%	96%
Tratamiento B	99%	97%	94%	100%	100%	96%
Tratamiento C	98%	65%	94%	100%	83%	94%
Tratamiento A	97%	97%	94%	100%	100%	94%

Realizado por: Jhonatan Valle , 2018

Todos los tratamientos propuestos tienen remociones mayores al 90% en la mayoría de los contaminantes, siendo el Tratamiento D, el que posee los mayores porcentajes de remoción. La remoción de cromo, aunque es del 100%, no representa veracidad debido a que, los resultados de laboratorio de las descargas líquidas de las empresas o artesanos curtidores seleccionados para el estudio, tienen valores insignificantes de cromo, contradiciendo lo expuesto en la bibliografía.

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1. Propuesta para la solución del problema

El informe de ingeniería conceptual presenta las especificaciones de los equipos que se pretende utilizar, para continuar con la etapa posterior que consiste en el diseño detallado del proyecto, que en este caso es el tratamiento de aguas residuales. Por tal razón, en esta sección se presenta las especificaciones técnicas de los equipos correspondientes al Tratamiento D, específicamente a los tratamientos: biológico anaerobio y electrolisis, así como, el equipo destinado a la deshidratación del lodo. No se ha tomado en consideración los tratamientos primarios y secundarios, debido a que la mayor parte de empresa curtidoras y algunos artesanos, poseen esta infraestructura que recae en el diseño de la ingeniería civil, puesto son construidas exclusivamente de concreto, saliendo del objetivo de este estudio.

4.1.1. *Reactor anaeróbico*

El reactor anaerobio propuesto es un reactor de lecho fluidizado integral, en el cual utiliza como lecho fluidizado, el lodo generado por el proceso de descontaminación, donde el agua residual ingresa por la sección inferior del mismo, haciendo que el lecho fluidizado se mantenga en suspensión, para lo cual, se mantiene la velocidad de subida dentro de los 6 a 12 km/h. El precio FOB promedio de un reactor vertical esta entre \$ 2.900 - \$ 48.000.

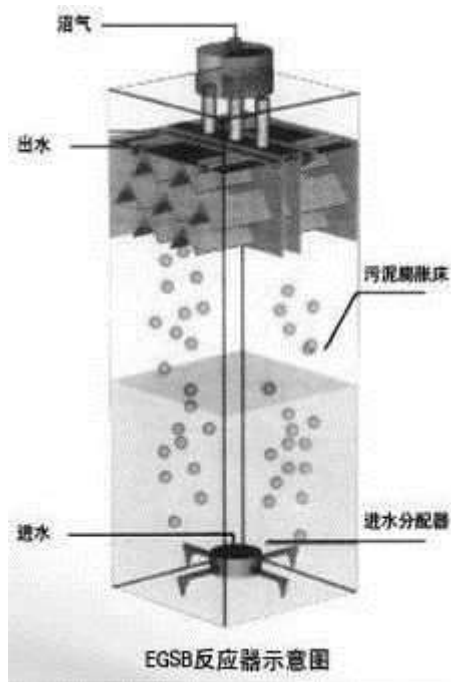


Figura 4-1: Esquema del reactor anaeróbico

Fuente: Shandong Jinhaosanyang Environmental Protection Machine Co., Ltd., 2017

La temperatura de trabajo se encuentra entre 25 a 30 °C, con una velocidad de eliminación de 10.40 kg/d y trabajando con una carga de hasta 30 kg de DQO/m³. El porcentaje de remoción de DQO se encuentra entre el 70 – 90%

4.1.2. *Equipos de Electrolisis*

Dentro de la tecnología de tratamiento seleccionada, se encuentra un equipo de electrólisis como último proceso para que el agua residual sea descargada, este tipo de equipos tienen un precio promedio FOB de \$ 8.000 - \$ 26.000, en dependencia de la capacidad de residuos líquidos que puede tratar.

安裝示意图
INSTALLATION INSTRUCTION

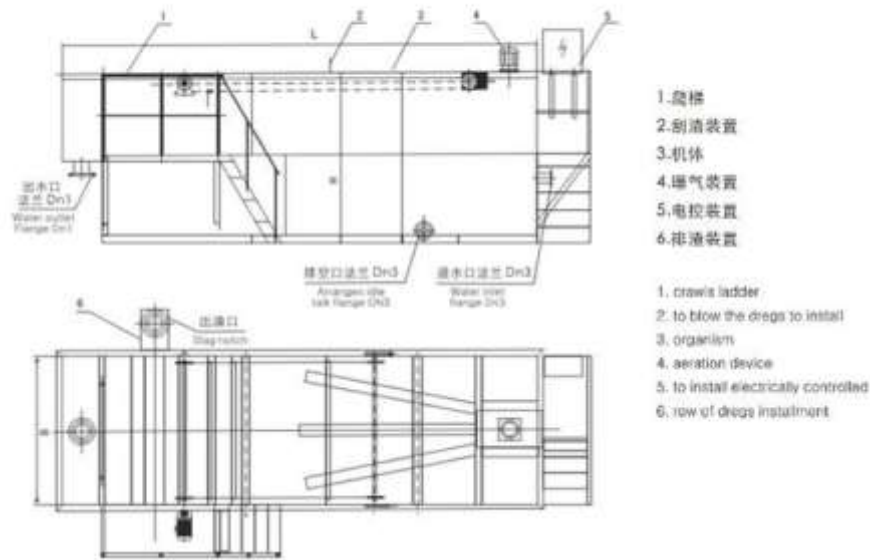


Figura 4-1. Esquema de un equipo de electrólisis para aguas residuales de curtiembre

Fuente: Shandong Huaneng Jinhao Environmental Engineering Co., Ltd., 2017

Este tipo de equipos tiene un porcentaje de remoción de 30% al 80% de acuerdo a los diferentes tipos de calidad del agua residual. Mientras que, para turbiedad, sólidos suspendidos y metales pesados como el cromo tienen un 90% de remoción. Además, de generar muy pocos residuos sólidos.

4.1.3. Deshidratador de lodos provenientes de tratamiento de residuos líquidos de curtiembre

Este equipo tiene el objetivo de deshidratar todos los lodos residuales que se originan en el tratamiento de aguas residuales de curtiembre, para posteriormente dar la disposición final al mismo. La deshidratación está dada de forma mecánica y no por temperatura como sucede al momento de deshidratar los lodos al ambiente, evitando malos olores. Al utilizar un método mecánico, el agua residual producto de la deshidratación puede ser recirculada al tratamiento de aguas residuales.

Este tipo de equipos tienen las siguientes características generales:

Tabla 4-1: Características generales de un equipo deshidratador de lodos

Peso promedio	460 kg
Potencia promedio de motor	0.87 kw
Material de construcción	Acero inoxidable 304
Operación	Automática
Precio FOB promedio	\$10.000

Realizado por: Jhonatan Valle, 2018

A continuación, se presenta las especificaciones características de un equipo deshidratador de lodos:

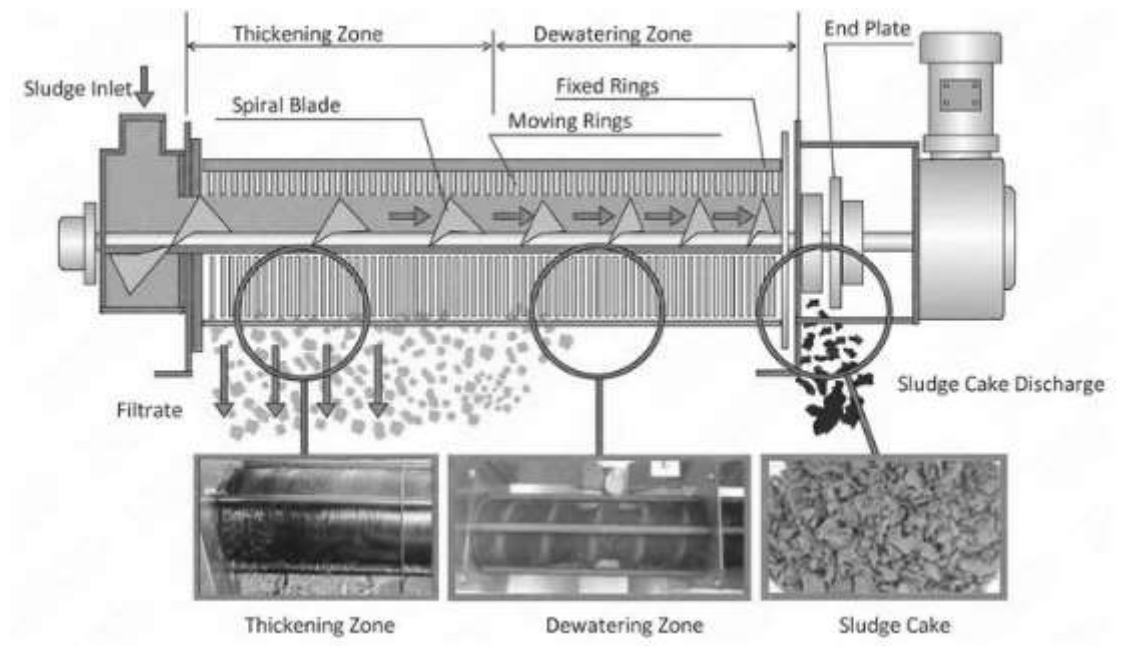


Figura 4-3: Esquema del deshidratador de lodos provenientes de curtiembre

Fuente: Qinhuangdao Yushun Environment Technology Co., 2017.

En la siguiente tabla se presenta las especificaciones de las medidas y pesos que este equipo posee y su selección estará en función del peso de operación, que consiste en la cantidad de lodo generado que puede ser tratado.

Tabla 4-2: Especificaciones de diseño de deshidratador de lodos

Tamaño de tornillo	de Altura de descarga	de la Medidas (mm)	L*W*H	Peso (kg)	Peso de operación (kg)
110		600	2400*7500*1195	280	370
110		600	2400*910*1195	460	668
160		650	2600*750*1280	470	650
160		650	2600*930*1280	590	880
160		650	2600*1180*1280	850	1260
200		700	2600*800*1550	600	780
200		700	2800*950*1650	1020	1320
200		700	3120*1270*1780	1430	1880
250		750	3120*860*1880	880	1220
250		750	3220*1120*1930	1580	2280
250		750	3220*1455*1930	2260	3330
300		800	3460*950*1960	1150	1650
300		800	3640*1260*2010	2160	3190
300		800	3925*1630*201	3160	4720
350		800	4420*1180*2100	1860	2870
350		800	4685*1360*2160	3280	4660
350		800	4960*1780*2230	4560	7320

Realizado por: Jhonatan Valle, 2018

Fuente: Qinhuangdao Yushun Environment Technology Co., 2017.

En el diseño del equipo deshidratador de lodos consta de motores para rotación del eje y un motor para la trituración de lodo seco, sus características se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4-3: Especificaciones de potencia de deshidratador de lodos

Motor principal	Fuerza de motor			Consumo de agua	Frecuencia de mantenimiento	Ciclo de reemplazo	
	Motor licuadora	de Poder total				Eje	Anillo móvil
0.25		0.37	0.62	20		3.4/10000	1.7/5000
0.5		0.37	0.87	40		3.4/10001	1.7/5001
0.37		0.37	0.74	32		3.4/10002	1.7/5002
0.74		0.55	1.11	62		3.4/10003	1.7/5003
1.11		0.55	1.66	96		3.4/10004	1.7/5004
0.37		0.55	0.92	30		3.4/10005	1.7/5005
0.74		0.75	1.49	60		3.4/10006	1.7/5006
1.11		0.75	1.86	90		3.4/10007	1.7/5007
0.75		0.75	1.5	35	10 min/d	10/300000	10/30000
1.5		1.1	2.25	70		10/300000	10/30000
2.25		1.1	3.35	105		10/300000	10/30000
0.75		1.1	1.85	35		10/300000	10/30000
1.5		1.1	2.6	70		10/300000	10/30000
2.25		1.1	3.35	105		10/300000	10/30000
1.1		1.1	2.2	55		10/300000	10/30000
2.2		1.1	3.3	110		10/300000	10/30000
3.3		1.5	4.8	165		10/300000	10/30000

Realizado por: Jhonatan Valle, 2018

Fuente: Qinhuangdao Yushun Environment Technology Co., 2017.

4.2. Costos de implementación de la propuesta

Los costos totales son la suma de costos propios e intrínsecos de cada uno de los tratamientos utilizados, considerado: costos de diseño, fabricación, instalación, tuberías, automatización, control, amortización, mantenimientos preventivos y correctivos, así como, gastos administrativos y legales.

La determinación de costos totales a nivel de nuestro país, son muy complejos debido a que los tratamientos expuestos en este trabajo de investigación no son utilizados en ninguna empresa o artesano curtidor y no se cuenta con tablas de estimación de costos de proyectos de ingeniería de este tipo, para lo que, se utilizó el software CAPDET Works ®, donde dentro de sus características permiten evaluar los costos en base a la modelación matemática de los esquemas de los tratamientos propuestos y estos costos están en base a tablas aplicables en Estados Unidos, sirviéndonos como referencia para nuestra investigación.

Tabla 4-4: Estimación de costos de los tratamientos propuestos en base a datos reales de artesanos o empresas curtidoras

TRATAMIENTO	COSTO PROYECTO
Tratamiento A	\$142.750
Tratamiento B	\$142.000
Tratamiento C	\$116.750
Tratamiento D	\$116.000
Tratamiento E (Remoción Cromo)	\$305.250

Realizado por: Jhonatan Valle, 2018

Al realizar el análisis de costos por medio del software de cada uno de los tratamientos propuestos para las condiciones reales de las curtidoras objeto de estudio, se tienen que los costos presentados en los informes ambientales al ente de control son hasta 10 veces menores de lo calculado en este trabajo de investigación.

Los resultados de los análisis de los costos por modelación, presentan que el tratamiento D, es el de menor costo, mientras que, la remoción de cromo por osmosis inversa

correspondiente al Tratamiento E es el más costoso. De lo que, podemos deducir, los tratamientos aerobios (A y B) son más costosos debido a la necesidad de oxigenación, sea por inyección de aire mediante soplantes o por paletas agitadoras, lo que representa la necesidad del consumo de energía eléctrica, esto en referencia a los tratamientos C y D, que utilizan un tratamiento biológico anaerobio donde el consumo de energía es mínimo.

Los tratamientos que contienen el proceso de electrólisis (B y D) tienen un menor costo en referencia a los tratamientos A y C que utilizan ozonización, debido a la producción de ozono mediante la utilización de equipos especializados que lo obtienen a partir del aire.

CONCLUSIONES

- Se han desarrollado tres tipos de tecnologías de tratamiento de la mezcla de aguas residuales industriales generadas en los procesos productivos de curtiembre, las cuales, tienen procesos similares en los tratamientos primario y secundario, debido a que, estos procesos son tecnologías maduras y perfectamente comprobadas. La diferencia entre los tratamientos propuestos radica en la utilización y combinación entre tratamientos biológicos y terciarios tales como la ozonización y electrólisis.
- De los esquemas propuestos en el presente trabajo de investigación, el tratamiento D, es el que tiene mayor porcentaje de remoción de los contaminantes de acuerdo a los balances de masas realizados para cada una de las tecnologías. Este tratamiento que consiste en la utilización de tratamientos primarios y secundarios tales como, cribado, separación de grasas, tanques de igualación, sedimentación primaria, oxidación catalítica, coagulación y floculación, posteriormente pasa por un tratamiento biológico anaeróbico con la generación de biogás y finalmente llega a un tratamiento por electrólisis. Del balance de masa de esta tecnología se desprende que puede llegar a tener remociones de DQO de hasta 99.9%, más del 80% en DBO y mayor al 70% de remoción de los otros parámetros.
- Comparando los tratamientos propuestos se observó que los tratamientos aerobios tienen un porcentaje de remoción similar a los tratamientos anaeróbicos, manifestando que, estos últimos tienen un menor costo debido a la mínima utilización de energía, a diferencia de los tratamientos aerobios, que necesitan algún mecanismo de inyección de oxígeno cuyo ingreso generalmente es a través del aire para que el proceso de descontaminación se ejecute. Mientras que, con respecto a los tratamientos terciarios, el proceso de electrólisis es el que mejor rendimiento obtuvo en comparación con tratamiento por ozonización.
- La evaluación económica de los tratamientos, presentaron resultados en el que el tratamiento de remoción de cromo (E), por osmosis inversa es el más costoso por los altos costos de su implementación y mantenimiento, además de ser un tratamiento tecnológicamente complicado. Los tratamientos que utilizan electrólisis (B y D) son los tratamientos que tienen un menor costo en relación a los tratamientos que utilizan la ozonización como tratamiento (A y C). Mientras que, los tratamientos anaerobios (B y D) son los que tienen menor costo en relación a los tratamientos aerobios (A y

- C). La tecnología que tiene el menor costo corresponde al tratamiento D, que es la combinación de tratamientos primarios y secundarios con tratamientos anaerobio y electrólisis.
- La industria curtidora genera diferentes corrientes de aguas residuales de acuerdo al proceso del cual proviene. De acuerdo a los resultados obtenidos en los balances de masas de los tratamientos propuestos, la separación de las corrientes de descargas líquidas para el tratamiento individual, mejora los resultados obtenidos de sus procesos de descontaminación, más, no es habitual realizarlo debido a los costos que implica la implementación de este tipo de procesos, siendo una práctica común, el tratamiento conjunto de las corrientes de descargas líquidas. Este aspecto tiene un mayor impacto en las curtidorías artesanales por los limitados recursos disponibles y el tipo de procesos propios de esta clase de actividades, como, el alquiler de equipos para la obtención de sus productos.

RECOMENDACIONES

- En el diseño de un tratamiento de aguas residuales industriales, donde se utilicen software para el cálculo de los costos, es necesario llevar los resultados finales a condiciones del país, mediante la utilización de estudios de diseño o propuestas similares desarrolladas o implementadas en las empresas nacionales. En caso de no encontrar algún estudio similar que sirva de guía la segunda opción será los datos de estudios o propuestas de países latinoamericanos vecinos, esto en función de que, el software comercializado para cumplir este objetivo está diseñado de acuerdo a las realidades de países desarrollados, sin tomar en consideración impuestos, limitaciones y barreras tecnológicas con respecto a equipos y procesos de producción utilizados.
- Una vez realizada la ingeniería conceptual de este tipo de tratamientos, se presenta la necesidad de investigar desde un punto académico, sobre el diseño de los equipos mencionados en esta investigación, debido a que esto puede ser un factor decisivo en la implementación de los tratamientos propuestos, debido a que, podría disminuir costos de implementación una vez que se obtengan los resultados. Generalmente, las empresas que ofertan sus servicios de tratamiento de residuos líquidos industriales en nuestro país, una vez que llegan hasta la etapa del diseño conceptual, proceden a la compra de equipos comerciales y armar los tratamientos propuestos, incrementando los costos de implementación.

BIBLIOGRAFIA

Acosta & asociados. *Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo ambiental de curtiduría pico.* Ambato-Ecuador:2016

Acosta & asociados. *Borrador del estudio de impacto ambiental ex post de la curtiduría cueros & cueros.* Ambato-Ecuador.: 2016.

Alcántara, A. *Ingeniería sanitaria.* Santo domingo: Editorial búho,1972.

Bioactivo. *Estudio de impacto ambiental ex post de las actividades de curtiduría artesanal de José Laura.* Ambato: 2015.

Bioactivo. *Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo de curtiduría Giovanni Flores.* Ambato: 2015

Bioactivo.. *Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo de curtiduría San Vicente.* Ambato:2015.

Bioactivo. *Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo de curtiduría Inca.* Ambato: 2015

Dim, C & Little, P. *El proceso de diseño en ingeniería.* México, 2002.

ECUADOR, Texto Unificado de Legislación Secundaria, Ministerio del Ambiente.2010.

Food and agriculture organization of the United Nations. *World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015.*
<http://www.fao.org/3/a-i5599e.pdf>

Méndez, R. et al. *Producción limpia en la industria de curtiembre.* Santiago de Compostela, 2007.

Metcalf & Eddy inc. *Wastewater engineering: treatment and reuse.* Columbus: mcgraw-hill, 2015.

- Nagon Cueros.** *Estudio de impacto ambiental ex post del proyecto “nagon cueros” de la parroquia atahualpa del cantón ambato, provincia de tungurahua.* Ambato-Ecuador, 2015.
- Nemerrow, N.** *Aguas residuales industriales.* Madrid-España Blume ediciones,1972.
- Parada, M.** *Tratamiento de las aguas residuales provenientes de las industria de curtiembre (tesis de maestría).* Mérida-Venezuela. 2016.
- Pozo, J.** *Puesta en marcha de un reactor aerobio de lecho fluidizado para la eliminación de nitrógeno amoniacal.* México, 2010.
- Promabal.** *Estudio ambiental expost “moyolsa”.* Ambato, 2015.
- Ramalho, R.** *Tratamiento de aguas residuales.* Barcelona, Reverté, 2013.
- Rigola, M.** *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales.* Barcelona-España, Editorial alfaomega, 1994
- Ruíz, A.** La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Lasallista de investigación*, 2005, 49-56.
- Secretaria de ambiente y recursos naturales de México.** . *Perspectivas sobre contaminación de ecosistemas acuáticos en México.* México: 2008.

ANEXOS

ANEXO A. Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

Anexo I. Libro VI del TULSMA.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN-	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO4=	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

ANEXO B. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.

Anexo I. Libro VI del TULSMA

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	
Alkil mercurio		mg/l	
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10

¹ Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

PARÁMETROS		EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Hierro total		Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos	Totales de	TPH	mg/l	20,0
Petróleo				
Manganeso total		Mn	mg/l	2,0
Materia flotante		Visibles		Ausencia
Mercurio total		Hg	mg/l	0,005
Níquel		Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos		Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Parámetros		Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl		N	mg/l	15
Organoclorados totales		Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales		Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata		Ag	mg/l	0,1
Plomo		Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno		pH		5-9
Selenio		Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables			ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales			mg/l	100
Sólidos totales			mg/l	1 600
Sulfatos		SO4=	mg/l	1000
Sulfitos		SO3	mg/l	2,0
Sulfuros		S	mg/l	0,5
Temperatura		oC		< 35
Tensoactivos		Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono		Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno		Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio			mg/l	5,0
Zinc		Zn	mg/l	5,0

ANEXO C. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina.

Anexo I. Libro VI del TULSMA.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		² Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5

² Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000 quedan exentos de tratamiento

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

ANEXO D. Criterios de Calidad del Suelo. Anexo I. Libro VI del TULSMA.

SUSTANCIA	UNIDADES (CONCENTRACIÓN EN PESO SECO)	SUELO
Parámetros Generales		
Conductividad	mmhos/cm	2
pH		6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4*
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2.5
Cianuro (libre)	mg/kg	0.25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	2
Níquel	mg/kg	20
Plomo	mg/kg	25
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60
Parámetros Orgánicos		
Benceno	mg/kg	0.05
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1

SUSTANCIA	UNIDADES (CONCENTRACIÓN EN PESO SECO)	SUELO
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.1
hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1