

INTRODUCCIÓN

Debido a la cantidad de sustancias que se manejan en un laboratorio farmacéutico sean estos principios activos (vitaminas, antiparasitarios, antipiréticos, antigripales, etc.) ó excipientes; estos al ser mezclados con el agua en la manufactura de un producto van a formar parte de los desechos líquidos, que no deben ser expulsados directamente al ducto de aguas servidas por que se convertirían en contaminantes potentes ya que estas van a llegar al receptor natural sin ningún tratamiento y ocasionarán efectos adversos tanto a la red de alcantarillado público como son corrosión, incrustación u obstrucción, formación de olores ofensivos, formación de gases tóxicos o explosivos y principalmente afectan a la flora y fauna del receptor natural. (4)

Esto hace necesario el relizar estudios tales como los que llevan a cabo diferentes entidades públicas y privadas, como el Ministerio de Industrias y Energía, Fundación Natura, Municipios, para la fijación de los niveles de permisibles emisión de los contaminantes de las aguas exigibles a las industrias de acuerdo al tipo de producción que tenga, sea agrícola, alimenticia, cosmética, farmacéutica, etc, las cuales por la naturaleza de las contaminaciones que producen justifican tratamientos químicos o principalmente biológicos a las aguas residuales urbanas previo a su evacuación a la red de alcantarillado público. Estas aguas deben cumplir ciertos parámetros de vertido como, son: Temperatura, pH, OD, DBO, DQO, Materias en Suspensión, Aceites y Grasas, Detergentes, Determinación de metales pesados, etc.

La definición de todo tratamiento debe basarse en:

- ♦ El conocimiento de los diversos contaminantes.
- ♦ Características de afluentes.
- ♦ Organización de los desagues y la separación de los afluentes.
- ♦ La elección del método a utilizar.

El presente trabajo, trata del diseño de un tratamiento alternativo para la eliminación de los desechos líquidos que genera la producción de un laboratorio farmacéutico; haciendo primero un resumen de datos teóricos y luego la parte experimental que es realizada en pequeños reservorios, tomando como muestra las aguas residuales del laboratorio

farmacéutico donde desarrollo mis actividades profesionales. Seguido de continuos análisis a las aguas residuales para determinar el grado de contaminación y controlar que el tratamiento aplicado cumpla con su objetivo que es el de reducir su poder contaminante.

El acondicionamiento de este proyecto es realizado en menor escala dando los conocimientos necesarios para ser estructurado de acuerdo a la cantidad de aguas residuales que se generen en la planta. Los pasos básicos a seguir son los siguientes: recolección, coagulación-floculación, sedimentación, neutralización, desinfección, descarga.

MARCO TEORICO

CAPITULO I

1.1 CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL

1.1.1 ANTECEDENTES

En las dos últimas décadas se han promulgado leyes sobre la protección de medio ambiente por parte de las industrias debido a los innumerables problemas que se presentan debido al mal manejo del desecho industrial el presente trabajo se trata del tratamiento que deben tener las aguas industriales antes de ser enviadas a la red de alcantarillado municipal.

Existiendo tres términos importantes

1. Inventario ambiental.
2. Evaluación de impacto ambiental.
3. Estudio de impacto ambiental.

Inventario ambiental

Es la descripción completa del medio donde se ubica la planta.

Evaluación de impacto ambiental

Es la identificación y valoración de los efectos que provoca la planta

Impacto ambiental

Es la consecuencia o el producto final de los efectos, representado por las variaciones en los atributos del medio expresadas en términos cualitativos y cuantitativos.

El término "impacto" hace referencia a la valoración cualitativa o cuantitativa de las modificaciones en el ambiente.

1.2 OPERACIONES INDUSTRIALES

1.2.1 INFORMACIÓN GENERAL

KRONOS LABORATORIOS C. LTDA., es una industria farmacéutica dedicada a la elaboración de medicamentos como líquidos orales, líquidos no estériles, líquidos estériles suspensiones orales, tabletas, cápsulas, complejos vitamínicos.

1.2.2 INVENTARIO DE LOS FOCOS DE EMISIÓN DE RESIDUOS.

AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PLANTA

Las aguas residuales generadas por las actividades desarrolladas en la Empresa, son evacuadas desde cada equipo u operación hacia canales ubicados en el piso, los cuales están provistos de rejillas metálicas desmontables.

Los desechos líquidos resultado de las diferentes actividades industriales y domésticas de KRONOS LABORATORIOS C. LTDA., son los siguientes:

Limpieza de equipos y pisos.

Actividades domésticas.

1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS VERTIDOS GENERADOS

1.2.3.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las actividades productivas de KRONOS LABORATORIOS C. LTDA., generan aguas residuales industriales, exclusivamente por limpieza de equipos y de la planta con soluciones de sanitizantes utilizados para la limpieza.

Dada la condición de industria farmacéutica, en la planta se requiere frecuentemente realizar las actividades de limpieza, la misma que se realiza generalmente 2 veces al día, para lo cual se requiere el uso de cloro, sanitizantes y desinfectantes, este consumo se ha cuantificado aproximadamente en 14,68 m³/mes.

Los efluentes residuales generados por las actividades de limpieza son descargados directamente en el piso para el caso de las áreas de tabletas y llenado, debido a que, como se explico anteriormente, la limpieza de estas áreas se la realiza con ayuda de una manguera, lo que es escurrido hasta llegar a los puntos de descarga de cada área.

Para las demás áreas, la limpieza se la realiza solo con ayuda de un paño humedecido con agua y sanitizante, por lo que la generación de agua residual es mucho menor. Sin embargo los utensilios de limpieza para este caso (trapeador, escobas, etc.) son llevados y enjuagados en un área específica para proceder a lavarlos y enjuagarlos, por lo que en este punto si se genera un efluente residual industrial.

Otra fuente de generación de desechos líquidos industriales consiste en los puntos de agua (lavaderos) ubicados en todas las áreas de producción de la Empresa, en donde se enjuagan las máquinas, accesorios y manos de los operadores que se encuentran o se utilicen durante la jornada de producción.

Todos los efluentes mencionados anteriormente, son descargados y conducidos hacia una caja de registro para aguas residuales industriales, ubicada en los patios de la Empresa. El efluente final es descargado al sistema de alcantarillado existente en el sector.

Este efluente fue caracterizado durante una jornada de producción y los datos se reportan en el Capítulo VI.

1.2.3.2 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Las aguas residuales domésticas que genera el personal que labora en KRONOS LABORATORIOS C. LTDA., son recolectadas desde cada aparato sanitario y duchas por un sistema independiente de tuberías de 4 pulgadas de diámetro, colocadas en su recorrido, que luego se conecta con el sistema independiente de aguas residuales domésticas, el cual consiste en un sistema recolector constituido por una cámara séptica y el sobrenadante se descarga al sistema de alcantarillado público.

1.2.3.3 AGUAS LLUVIAS.

La Empresa posee un sistema de recolección y transporte de aguas lluvias, independiente; el cual está constituido por canales perimetrales, los mismos que reciben las aguas que se deslizan por las cubiertas de los edificios y por las áreas libres de la planta. Estas aguas se evacuan finalmente en el sistema de tratamiento de aguas domésticas.

Tabla 1.1

CUADRO DE RESUMEN DE GENERACION DE AGUA RESIDUAL

ACTIVIDAD	Generación Diaria m³/día
Limpieza del área de tabletas	1.12
Limpieza del área de manufactura de líquidos.	2.76
Limpieza del área de llenado de líquidos.	2.60
Limpieza de todas las áreas	1.5
Uso doméstico	6.86
TOTAL	17.44

1.3 REGIMEN DE DESCARGA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales generadas por las actividades industriales de la planta.. Tienen un régimen de descarga discontinuo de flujo intermitente. El sistema descarga durante 10 horas aproximadamente, 5 días a la semana y es evacuado al canal pluvial existente en el sector.

Para evaluar las características de las variaciones de flujo del efluente se realizaron muestreos y aforos en los puntos de descarga de la planta y los resultados se encuentran tabulados en el reporte de laboratorio, en el Capítulo VI

1.4 CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización fisico-química y las mediciones de caudal, se realizaron en la planta de KRONOS LABORATORIOS C. LTDA., ubicada en el Kilómetro 8 ½ de la vía Daule.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, esta planta genera agua residual industrial debido a la limpieza de equipos, pisos y accesorios en general utilizado durante la producción.

Para determinar la calidad del efluente se procedió a realizar un monitoreo compuesto en los puntos de descarga de la Empresa, se recogieron alícuotas de muestra cada 30 minutos durante una jornada de producción, para luego formar una muestra compuesta, en función del caudal. Toda esta información se encuentra tabulada en los reportes del Capítulo VI.

Los métodos de análisis utilizados en laboratorio corresponden al STANDARDS METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 19 TH EDITION 1995 DE LA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION {AWWA}, WATER ENVIRONMENT FEDERATION {WEF}.

Caudal- Las mediciones de caudal se realizaron en tres ocasiones, cada treinta minutos, durante 12 horas consecutivas, en 1 punto de descarga.

El método de aforo utilizado consiste en tomar un flujo de agua residual en un recipiente aforado en un determinado período de tiempo.

Las mediciones de caudal en cada monitoreo realizados nos dieron los siguientes resultados, cabe destacar que estos valores están dado en Atl. seg. y cambian en base a la producción.

Fecha	2001 ó 05 - 10	2001 ó 05 - 23	2001 ó 06 - 12
Caudal mínimo	0,007499999	0,043961352	0,022972
Caudal promedio	0,060373677	0,043961352	0,060306234
Caudal máximo	0,196666666	0,590111115	0,121481483

Instantáneamente cuando se obtiene la muestra se procede a realizarle análisis In Situ como son pH y temperatura.

Temperatura.- Esta medición se hizo In Situ cada media hora y como se puede observar en los reportes, no existen valores mayores a 40 °C, que es el valor máximo que establece la Legislación nacional.

Potencial de Hidrógeno.- Se realizaron mediciones instantáneas a iguales intervalos de tiempo, este parámetro deberá ajustarse a las normas de descarga de la ECAPAG (5,5<pH>9), el valor que se indica en los reportes corresponde a valores promedios en jornadas de producción, pero también_ presentan resultados instantáneos.

Aceites y grasas.- Este parámetro cuantifica la concentración de las sustancias extraíbles con hexano. La cantidad de este contaminante en el agua residual, de acuerdo a los reportes de laboratorio realizados, nos indica que la descarga residual industrial contiene aceites y grasas por 10 que se deberá ser tomado en consideración para su remoción en el sistema de tratamiento a implementarse.

Materia Orgánica.- Este parámetro es determinado indirectamente mediante la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), la presencia de materia orgánica biodegradable es un parámetro que nos ayuda a conocer el grado de contaminación del efluente. Los resultados obtenidos en los reportes de laboratorio (Capítulo VI), nos indican que este parámetro deberá ser removido por cuanto se encuentra sobre los límites que establece la legislación. De acuerdo a la legislación vigente, nos indica que los parámetros DBO y Sólidos suspendidos, deben ser removidos en un 80% en carga por lo que se debe implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, para este caso se recomienda Tratamiento Biológico el cual oxida la materia orgánica disuelta presente en esta agua residual. Esta consultora recomienda diseñar un sistema de lodos activados con el que se puede llegar a un efluente final con DBO inferior a 100 mg/lit y de sólidos suspendidos inferior a 80 mg/lit, valores con los cuales se cumplirá con cualquier norma de descarga a un sistema de alcantarillado Sanitario Público, que de acuerdo a lo consultado en otras legislaciones esta en valores alrededor de 200mg/lit de cada uno de los parámetros mencionados.

CAPITULO II

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿ Es el diseño de un método alternativo del tratamiento de los residuos líquidos de la industria farmacéutica para mitigar la contaminación de las aguas residuales evacuadas al receptor natural ?.

2.2 HIPOTESIS

El método alternativo de tratamiento de aguas residuales es la solución eficaz para evitar la contaminación, por productos biológicos que son el resultado de la producción de la industria farmacéutica.

2.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir con el conocimiento del diseño de un tratamiento alternativo para la eliminación de los desechos líquidos resultado de la producción de una planta farmacéutica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer un procedimiento detallado de este proceso, con el fin de lograr que el agua que se descarga al alcantarillado sea por lo menos parecida en las características fisico-químicas a las aguas servidas domésticas.
- Proteger y preservar el medio ambiente; Preservar los servicios públicos de recolección y evitar que en estos se produzcan efectos adversos.

2.4 VARIABLES DE ESTUDIO

Dada la complejidad de la composición de las aguas residuales de las plantas farmacéuticas; en este trabajo tomará como variables lo siguiente:

2.4.1 VARIABLES CUALITATIVAS

Propiedades organolépticas:

- Olor
- Color

2.4.2 VARIABLES CUANTITATIVAS

- Propiedades físicas: caudal, temperatura, carga contaminante
- Propiedades químicas: pH, , DBO₅, DQO, sólidos totales disueltos, sólidos totales en suspensión
- Cabe resaltar que en este estudio se descartó el análisis microbiológico, ya que como se indico anteriormente los residuos líquidos generados en la planta son descargados mediante dos sistemas independientes, una para efluentes domésticos y el otro para efluentes los efluentes industriales

2.4.3 DEFINICION DE VARIABLES

Las características de mis variables se definen en base a:

- la concentración derivada del propio proceso productivo.
- la concentración resultante después de la aplicación del tratamiento
- la concentración admisible en el efluente para su vertido. (1)

Al final del trabajo se Anexa la Legislación Ambiental, con respecto al recurso agua.

ANEXO 1. y la Guía para el monitoreo de aguas residuales industriales, emitida por el M.I. Municipio de Guayaquil ANEXO 2.

Donde se hace una clasificación más específica de los parámetros a analizar de acuerdo al sector industrial.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

3.1 Generalidades

Cualquier sustancia que se encuentre en el agua y residuales de agua pueden ser removidas por medio de tratamientos físicos, químicos y biológicos, hasta niveles de concentración deseadas dependiendo del uso o aplicación del agua tratada.

Los medios de tratamientos en que se aplican predominantemente fuerzas físicas se llaman operaciones unitarias tales como el mezclado, la floculación, la sedimentación, la flotación, la elutriación, la filtración, la transferencia térmica y el secado.

Los medios de tratamientos en los que la eliminación de los contaminantes se consiguen mediante la adición de productos químicos, o por actividad biológica se conocen por procesos unitarios como precipitación, combustión y oxidación biológica.

Las operaciones y procesos unitarios se presentan en varias combinaciones en algunos sistemas de tratamiento, de acuerdo a las características del agua residual y / o las exigencias de la calidad del efluente tratado. Estas operaciones y procesos unitarios se estudian por separado en la literatura técnica especializada, pero en el presente trabajo se realiza una breve reseña de ellas, con el propósito de conocer los métodos y técnicas de mayor aplicación en el tratamiento de agua.

3.2 OPERACIONES UNITARIAS

El grado de tratamiento que se da al agua residual depende principalmente de las condiciones exigidas para el vertido del efluente, por los organismos encargados del control y leyes establecidas que rigen dentro del País. Así tenemos:

- ▶ Operaciones Físicas.
- ▶ Procesos Químicos.
- ▶ Procesos Biológicos.

Operaciones Físicas, para la separación de sólidos suspendidos, sólidos de partículas grandes, flotantes de grasas, etc.

Procesos Químicos, para eliminación de sólidos suspendidos y coloides.

Procesos biológicos, para la eliminación de sólidos suspendidos hasta el 80 ó 90%, y la DBO.

3.2.1 OPERACIONES FÍSICAS

3. 2.1.1 DESBASTE, REJAS Y TAMICES

DESBASTE.- La retención de materiales suspendidos mayores de 0,5 cm. de diámetro por medio de equipos mecánicos, se lo denomina DESBASTE, acción que puede ser realizada por alambres, varillas o barras paralelas, rejillas, rejas, tamices, tela metálica o placas perforadas con sus aberturas de cualquier forma rectangulares o circulares, colocadas en un marco transversal al canal, verticalmente con una pendiente entre 30 ó 80 ° con respecto a la horizontal.

Pudiendo limpiarse manual o mecánicamente, debiéndose instalar dos o más unidades de forma tal que se intercalen cuando una este fuera de servicio por mantenimiento.

REJAS.- por el general es la primera unidad en una planta de tratamiento de aguas residuales, sean estas industriales o domesticas, son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, empleadas para evitar obstrucciones de válvulas, bombas, equipos de aireación, tuberías, y otras partes de la planta de tratamiento. El diseño de las rejas depende de las características de los materiales a eliminar y de su sistema de limpieza, sea este manual o mecánico, en la siguiente tabla # 3.1 se aprecian las características de los sistemas de limpieza por rejas.

Tabla 3.1

CARACTERÍSTICAS DE LAS REJAS DE LIMPIEZA MANUAL Y MECANICA

CARACTERISTICA	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECANICA
Separación de las barras cm.	2.5	1.6 ó 7.5
Inclinación respecto a la horizontal en grados	30 ó 45	0 ó 30
Velocidad de aproximación del agua en m/s	0.3 ó 0.6	0.6 ó 0.9
Perdida de carga administrada en cm.	15	15
Anchura de las barras cm.	0.6 ó 1.5	0.6 ó 1.5
Profundidad de las barras en cm.	2.5 ó 7.5	2.5 ó 7.5
Lugar de instalación.	Sistemas pequeños al aire libre	Sistemas industrializados al aire libre.

Para su diseño y dimensionamiento se debe tener en cuenta además de las condiciones mencionadas en la tabla 2.1, las siguientes:

El espaciamiento libre entre barras depende de la finalidad que se pretende lograr:

- rejas gruesas - 40 hasta 100 rrm. o más
- rejas medias - 20 hasta 40 rrm. (son las mBS comunes)
- rejas finas - 10 hasta 20 mm.
- rejas rotativas muy finas - 0.25 hasta 2.5 ¡TIm. (equipos modernos)

Las velocidades recomendadas (a través de barras limpias):

Mínima = 0.40 mis

Máxima = 0.75 mis

La eficiencia varia entre 0.60 a 0.85

Se debe instalar 2 o más unidades o por lo menos con un bypass, dotado de una reja gruesa simple.

El canal de acceso debe ser suficientemente largo para evitar turbulencias frente a las rejas

El canal de acceso acostumbra a ser ancho que el diámetro, o el ancho del emisario e igual al ancho de las rejas evitando espacios muertos.

La velocidad de paso de corriente de agua por la cámara será entre 0.3 m/s y 0.75 m/s.

El fondo del canal es generalmente de 10 a 15 cm. Más bajo que la solera del emisario.

Las rejas son instaladas en guías laterales de perfilados metálicos en U, pudiendo asentar la base sobre un perfilado L en el fondo.

Datos de Schroepher¹ presenta la variación de la cantidad de materia retenida en función de la abertura de las rejas.

Aberturas, mm.	Cantidad, l / m³
20	0.038
25	0.023
35	0.012
40	0.009

Tomando en cuenta las condiciones mencionadas podemos proceder a su diseño, para lo cual calculamos su área útil².

$$Au = \frac{Q}{V}$$

y su área total:

$$s = Au \frac{a+t}{a} = \frac{Au}{a+t}$$

, donde:

a = aberturas entre las barras.

b = espesor de las barras.

t = espesor de las barras

s = área total de las barras

par calcular la perdida de carga de corriente de paso de agua, aplicamos la formula de Kirschmer²

$$h_f = K \frac{a}{t} \quad \text{sen}b * \frac{v^2}{2g}$$

, donde

h_f = perdida de carga, en metros.

K= factor que depende de la forma:

Sección rectangular K = 2.42

Sección circular L = 1.79

a = abertura de las barras.

t = espesura de las barras o la más grande dimensión normal de dirección del flujo.

b = ángulo que las barras hacen con la horizontal.

v = velocidad aguas arriba de las rejillas en m/ s.

g = aceleración gravitacional = 9.8 m / s²

1 .- AZEVEDO NETTO , J.M. Y HESS, M.L.- ò Tratamiento de Aguas Residuariasö, Ed. Revista DAE. Sao Paulo , Brasil, 1970.

2.- JAEGER,C. Engineering Fluid Mechanics,Blackie, London, 1956.

TAMICES.

Otra de las operaciones físicas que constituyen el tratamiento previo de las aguas residuales, cuyos medios separadores consisten de placas de cobre o bronce con ranuras fresadas de 0.8 mm. a 3 mm. de ancho por 5 cm. de largo, han sido utilizadas ampliamente en el pasado, en la actualidad muy pocas plantas de tratamiento los utilizan.

Los tamices modernos van provistos de una tela o malla de acero inoxidable con sus aberturas entre 32 a 22 mm. (malla de 6 a 60), para tamices tipo disco poseen una superficie circular vertical de tamizado, girando sobre un eje que se encuentra por encima del nivel del agua.

Los del tipo Tambor giran a unas 4 rpm sobre un eje horizontal por debajo del nivel del agua; su tamaño varía entre 1,2 a 5,40 m. de diámetro para tamices tipo disco y de 1 a 1.5 m de diámetro y 1.2 a 3.6 m de longitud para tamices tipo tambor.

La cantidad de sólidos retenidos por los tamices varía entre 30 a 180 l/1000 m³ de agua residual tratada equivalente a 5 ó 15% de materia suspendida.

Para el cálculo de la pérdida de carga de los tamices podemos aplicar la fórmula del orificio, por lo tanto:

$$h_L = \frac{1}{2g} \left[\frac{Q}{CA} \right]^2$$

donde:

C = Coeficiente de descarga.

Q = descarga a través del tamiz, en m³ / s.

A = superficie libre sumergida efectiva en m / s².

h_L = pérdida de carga, en metros.

1. - Metcalf ó Hedí. Tratamiento y depuración de las aguas residuales.

Editorial Labor, S:A: , Mayo 1977, pp. 289.

3. 2.1.2 MEZCLADO

Tiene lugar en el régimen de flujo turbulento, donde predominan las fuerzas de inercia, pueden producirse en muchas fases del tratamiento de aguas residuales y de varias formas:

- ▶ En resaltos hidráulicos en canales.
- ▶ En tubos tipo venturi.
- ▶ En conducciones.
- ▶ En recipiente cerrados con ayuda de medios mecánico.
- ▶ En bombas

Cualquiera que sea su origen su función principal es la de hacer que una sustancia se entremezcle con otra.

Por regla general, cuanto más alta se ala velocidad y mayor la turbulencia, tanto mas eficaz, será el mezclado, para el calculo de la energía necesaria, tenemos¹:

$$\text{Flujo laminar} \quad P = \frac{k}{gc} \mu n^2 D^3 ; \text{Nr} < 10$$

$$\text{Flujo Turbulento} \quad P = \frac{K}{gc} \ell n^3 D^5 ; \text{Nr} > 10.000$$

Donde:

P = energía necesaria en Kg / s.

K = constante (tabla 3.2)

gc = aceleración de la gravedad 9.8 m /s².

= viscosidad dinámica del fluido en kg / s ó m

= densidad del fluido en Kg / m³.

D = diámetro del impulsor en m

n = revoluciones por segundo (rps).

1 .- RUSHTON, J.H. MIXING OF LIQUIDS IN CHEMICAL PROCESSING, industrialand Engineering Chemistry, vol. 44 N° 12 1952.

Tabla 3.2
Valores de K para necesidades de energía de mezclado.

IMPULSOR	LAMINAR	TURBULENTO
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41.0	0.32
Hélice paso de 2, 3 palas	43.5	1.00
Turbina, 6 palas planas	71.0	6.30
Turbina, 6 palas curvadas	70.0	4.80
Turbina, ventilador, 6 palas	70.0	1.65
Turbina, 6 palas en punta de flecha	71.0	4.00
Paleta plana, 6 palas	63.5	1.70
Turbina cerrada, 2 palas	97.5	1.08
Turbina cerrada, con extractor sin deflectores	172.5	1.12

El numero de Reynodls, viene dado, por:

$$Nr = \frac{Da^2 n}{\mu}$$

,donde:

Da = diámetro del impulsor, en cm³.

Se colocan 4 deflectores en la parte del depósito con el fin de eliminar los vórtices, cada uno de los cuales es un 10% del diámetro del deposito, puesto que en mayor energía introducida, origina una mejor turbulencia y ésta da lugar a un mezclado mejor.

3. 2.1.3 FLOCULACION

Se denomina floculación a todo proceso de formación de flóculos por unión de las partículas en suspensión, existentes en un líquido, favorecida con una agitación moderada con vistas a aumentar la posibilidad del contacto entre las partículas tras la adición de químicos conocidos como coagulantes.

La agitación debe controlarse con mucho cuidado, de modo que los flóculos sean del tamaño adecuado y se depositen rápidamente.

Otro factor importante, es la relación del pH con la solubilidad de los flóculos en el medio que los rodea, existen condiciones óptimas de pH que son características del coagulante y medio empleado.

Los coagulantes más importantes son:

- ✓ Alumbre $(\text{SO}_4)_3\text{Al}_2 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$: pH 5.5. y 8.0
- ✓ Aluminato sódico $(\text{Al}_2\text{O}_4\text{Na}_2)$: pH 8.0.
- ✓ Sulfato Ferroso $(\text{SO}_4\text{Fe} \cdot 7 \text{H}_2\text{O})$: pH 8.5 a 11.0.
- ✓ Coagulant4e Férrico $(\text{SO}_4)_3\text{Fe}_2$ y Cl_3Fe : pH 4.9 a 11.0.
- ✓ Oxido de Magnesio MgO : para eliminar sílice, pH 9.5 o más

En la actualidad se emplean coadyuvantes de la coagulación capaces de disociarse electrolíticamente para dar carga elevada y alto pesos moleculares también pueden actuar por unos procesos de hidratación; aunque no sean electrolitos, estos pueden clasificarse en aniónicos, catiónicos o no iónicos.

Los equipos utilizados son los mismos de la sedimentación y filtración, pues lo que se trata es de aumentar el tamaño de las materias en suspensión y de esta manera separarlas mas fácilmente.

3. 2.1.4 SEDIMENTACIÓN

Consiste en separar de una suspensión, un fluido claro que sobrenade en la superficie, y un lodo con una concentración elevada de materias sólidas , esta separación se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos y disminución de la velocidad de circulación de las aguas residuales hasta alcanzar un valor tal, que las materias sedimentables se depositen en el fondo del aparato de sedimentación.

Su estado se puede dividir en dos partes:

1. - Sedimentación de partículas discretas.
2. - Sedimentación de partículas floculación o aglomerables.

Las partículas discretas son aquellas que no alteran su tamaño, forma o peso específico durante el proceso de sedimentación.

Cuando una partícula discreta inicia su descenso en un líquido en reposo, está originalmente sometida a 2 fuerzas a saber, la fuerza de flotación determinada por el peso

del volumen del líquido que se desplaza y por su propio peso debido a las fuerzas gravitacionales.

Fuerza de flotación : $F_b = gv$

Fuerza gravitacional : $F_g = gv$

,Donde:

v = volumen de partícula, cm^3 .

g = aceleración de la gravedad, cm / s^2 .

ρ = densidad del líquido, gm / cm^3 .

ρ_s = densidad del sólido, gm / cm^3 .

Por lo tanto, la fuerza impulsora será:

$$F_i = gv(\rho_s - \rho)$$

esta fuerza se va disminuyendo por la acción de una fuerza adicional producida por la fricción entre la superficie de la partícula y el líquido, que tiene lugar desde que la partícula adquiere una velocidad finita.

$$F_r = CdA\rho \frac{V_s^2}{2}$$

C_d = Coeficiente de fricción.

A = Área transversal o proyectada de la partícula en cm^2 .

ρ = densidad del líquido, g / cm^3 .

V_s = velocidad de sedimentación de la partícula, cm / s .

Como resultado de la presencia de esta fuerza adicional no habrá aceleración sino una velocidad de sedimentación constante.

$F_i = F_r = 0$

$$gV(\ell_s - \ell) = CdA\ell \frac{Vs^2}{2}$$

,Por lo tanto;

$$Vs = \frac{2g(\ell_s - \ell)v}{Cd\ell A}$$

el valor de Cd (coeficiente de fricción de Newton), varía con el número de Reynolds.

$$Cd = \frac{24}{Nr} + \frac{3}{Nr} + 0.34 \quad (\text{Flujo Turbulento})$$

$$Nr = \frac{Vsd}{\ell}$$

,en donde:

d = diámetro de la partícula.

= viscosidad cinemática, cm /s.

$$Cd = \frac{24}{Nr} \quad (\text{Flujo Laminar})$$

La carga superficial puede ser definida como la velocidad de sedimentación V_{sc} con la cual la partícula crítica recorre la distancia entre la superficie del tanque y la zona de lodos, empleando para ello un tiempo igual al tiempo teórico de detención.

$$t_o = \frac{V}{Q} ; \text{ tiempo teórico de detención}$$

V = volumen del tanque de sedimentación, cm^3 .

Q = caudal de sdiseño, m^3/s .

Dando $V = Ah$

A = área superficial del tanque, m^2

H = profundidad, m

Para finalmente tener la siguiente expresión:

$$V_{sc} = \frac{h}{t_0} = \frac{h}{\frac{Ah}{Q}} = \frac{Q}{A} = \text{carga superficial.}$$

SEDIMENTACIÓN FLOCULENTA

O de partículas aglomerables que sí alteran forma, tamaño y peso específico durante la sedimentación.

Depende de la velocidad de sedimentación o carga superficial y tiempo de detención puesto que las partículas aumentan la velocidad a medida que transcurre el tiempo de sedimentación, razón por la cual para el dimensionamiento de estas unidades se recurre a datos experimentales.

El método más utilizable es el de Laboratorio, que se basa en datos tomados de una columna piloto donde se le adiciona la muestra homogenizada para luego a intervalos de tiempo y altura, tener una muestra y determinar su concentración de sólidos removidos, datos que serán graficados (profundidad Vs tiempo), dándonos las curvas típicas de representación de la información como se muestra en el siguiente grafico.

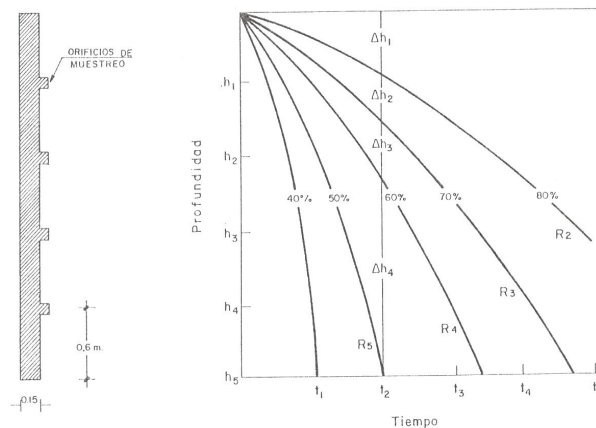


Fig. 3.1 COLUMNA DE SEDIMENTACIÓN Y CURVAS DE IGUAL ELIMINACIÓN PORCENTUAL PARA PARTICULAS FLOCULENTAS

Por el consiguiente para seleccionar el criterio de diseño, se decide qué porcentaje de sólidos suspendidos se desea remover y, que este valor determina su tiempo de detención y profundidad del tanque de sedimentación.

La mayoría de las partículas o sólidos presentes en las aguas residuales domesticas como industriales son floculantes o aglomerables, si adicionalmente se utiliza la coagulación como herramienta auxiliar del tratamiento.

Esta operación unitaria puede ser empleada tanto como primaria, secundaria o complementaria de un proceso de tratamiento de aguas residuales.

3. 2.1.5 FLOTACION

Este procedimiento se lo utiliza cuando las materias en suspensión no pueden ser separadas por ningún otro procedimiento y consiste en separar los sólidos o líquidos no miscibles y de baja densidad, que se encuentran en suspensión utilizando el aire como agente de flotación, puesto que las burbujas se adhieren a las partículas y la fuerza ascendente del conjunto burbuja- partícula es tal, que hace que la partícula suba a la superficie produciéndose una espuma fácilmente eliminable por procedimientos mecánicos o manuales.

Se usa principalmente para la separación de grasas, aceites, materiales fibrosos y otros sólidos de densidad baja. Se logra que las materias floten a la superficie del tanque cuando se aplican presione en el rango d $2,8$ a $4,2 \text{ Kg / cm}^2$.

las burbujas de aire se añaden o se induce si formación mediante los siguiente métodos.

- ✓ Aereación a presión atmosférica (flotación de aire).
- ✓ Inyección de aire mientras el liquido se halla bajo presión seguido de liberación de la presión (flotación por aire disuelto).
- ✓ Saturación con aire a presión atmosférica, seguida de aplicación de vacío al líquido (flotación por vacío).

Para facilitar el proceso se emplean químicos , en su mayor parte crean una superficie o estructura para atrapar las burbujas de aire, las hay orgánicas e inorgánicas.

La solubilidad del aire en el agua es discretamente proporcional a la presión aplicada al sistema y a su temperatura, pues tanto el nitrógeno como el oxígeno obedecen a la ley de Henry en un espectro grande de presiones ¹.

Tabla 3.3

SOLUBILIDAD DEL AIRE A DIFERENTES TEMPERATURAS *

TEMPERATURA	Sa, cm ³ /l
0	29.2
10	22.3
20	18.7
30	15.7

Sa = Solubilidad del aire.

La cantidad de aire que teóricamente puede desprenderse de una solución de agua saturada cuando la presión se reduce a una atmósfera, será:

$$S = Sa \left[\frac{Pa}{k} - l \right]$$

S = vol. de aire desprendido a presión atmosférica, saturado en ciento por ciento, cm³/l.

Sa = saturación del aire a presión atmosférica, cm³/l.

Pa P presión absoluta del sistema.

K = 1.035 cuando Pa viene en Kg /cm².

K 0 14.7 cuando Pa viene dada en Lb/ pulgada².

En la práctica el aire desprendido depende del grado de turbulencia en el sitio, así tenemos:

$$S = Sa \left[\frac{fPa}{K} - (-1) \right]$$

f = fracción de saturación obtenida en el tanque de retención, generalmente 0.5.

El termino (-1) prevé la posibilidad de que el sistema funcione en condiciones atmosféricas.

1.- Jornadas de Ingeniería Civil, quinta etapa, Ph.D. Ing. Enrique La Motta Díaz, pp. 24.

* Metcalf-Eddy. Tratamiento y depuración de las aguas residuales editorial Labor S:A: Mayo 1977 pp. 313.

Las cámaras de flotación suelen diseñarse para un período de retención de 10 a 40 minutos, con una velocidad de líquido clarificado de 5 a 6 m³/h ó m², y la profundidad de 1.8 a 2.75m. para tanques circulares y de 2 a 3 m para rectangulares.

La velocidad máxima periférica de las cuchillas separadoras de espuma en los tanques circulares es de 4.5 m / min.

3. 2.1.6 ELUTRIACIÓN

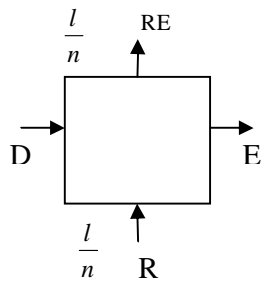
Consiste en mezclar íntimamente un sólido y un líquido con otro líquido a fin de transferir ciertos componentes de aquél al líquido último.

Puesto que la alcalinidad está presente en concentraciones elevadas de fango digeridos, se lo utiliza para controlar la eficacia de la lixiviación. Esta operación se compone de 2 fases:

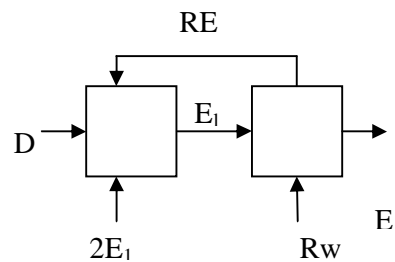
1. un mezclado profundo del sólido o de la mezcla sólido-líquido con el líquido de lixiviación.
2. separación de éste.

Un ejemplo típico, es el lavado del fango digerido antes del acondicionamiento químico para eliminar ciertos componentes solubles orgánicos e inorgánicos que consumirán, de no ser extraídos, gran cantidad de productos químicos.

A continuación se presentan dos esquemas de flujo que pueden utilizarse para elutriación.



Tanque único y de varias etapas



Elutriación a contracorriente en Varios tanques.

Efectuando balance de materia para cada uno de ellos tenemos:

Tanque único :

$$\frac{l}{n} RW + D = \frac{l}{n} RE + E$$

3. 2.1.7 FILTRACIÓN

Es la separación de sólidos y líquidos mediante un medio filtrante que permite el paso del fluido y no de las partículas de un diámetro mayor a las del medio filtrante.

Cuando la cantidad de sólidos es relativamente pequeña comparada con la del líquido, se llama filtración, al aumentar el porcentaje de sólidos, la operación pasa a ser prensado o centrífuga. Puede ser empleado en el tratamiento primario o como complemento de la coagulación y sedimentación, además en la clarificación de las aguas destinadas a usos industriales y domésticos.

Los materiales que más se emplean como medio filtrante son la arena, antracita y tierra diatomeas. Se denomina tamaño efectivo de un material filtrante al material que corresponde al 10% de peso de la fracción más fina. La altura de los lechos de arena o antracita suelen estar comprendidos entre los 30 y 80 cm.

Entre los principales filtros tenemos los de gravedad, dentro de estos tipos se pueden apreciar dos modalidades; de circulación lenta y de circulación rápida.

En la circulación lenta su circulación oscila entre 1.3 y 6.5 $1/m^2 \times \text{min.}$ y los materiales retenidos se evacúan por eliminación de la capa superior de la masa filtrante, estos solo tienen interés histórico.

En los de circulación rápida, opera con velocidades de paso de 80 a 160 $1/m^2 \times \text{min.}$, suele ser de madera, acero, hormigón o cualquier otro material adecuado. El líquido filtrado se evacúa por los conductos del fondo falso perforado que posee el filtro.

La capacidad de los filtros de gravedad viene expresada por la ecuación de Darcy, para el flujo laminar permanente.

$$V = \frac{10^3 g D_p^2 F_r (-\Delta p)}{32 F_t u h_f}$$

donde:

D_p = Diámetro de la partícula sólida, cm.

F_r = Coeficiente de corrección para el número de Reynolds.

F_t = Factor de turbulencia.

H_f = Altura del lecho filtrante.

$(-p)$ = Caída de presión en el lecho, expresado en columna líquida, m

G = Aceleración de la gravedad, m / s^2

U = Viscosidad del fluido, Cp

Los filtros a presión son idénticos a los de gravedad diferenciándose en que el lecho filtrante se encuentra encerrado en una carcasa que permite utilizar la presión como fuerza impulsadora de la filtración, pueden ser horizontales o verticales.

Los diámetros están comprendidos entre 0.4 y 3.0 m. Para los verticales, su velocidad de circulación es de $125 \text{ l/m}^2 \times \text{min.}$ y , para los horizontales su diámetro aproximado es de 2,50 con una longitud de 3 a 8 m

La elección de uno u otro depende de las condiciones de operación y del estudio económico en cada caso concreto.

3. 2.1.8 TRANSMISION DE CALOR.

El calor puede transmitirse por conducción, convección y radiación o por la combinación de cualquiera de ellos.

□ Por conducción

Cuando el calor se transmite a través de un cuerpo por la transferencia de la cantidad de movimiento de sus moléculas o átomos sin que lleguen a mezclarse.

□ Por convección

Cuando el calor se transmite por mezcla de las partes calientes con las frías de un mismo material; esta restringida al caso de los fluidos puesto que es muy raro que exista conducción pura sin que exista convección, debido a que forman torbellinos por los cambios de densidades producidos por la temperatura.

□ Por radiación

Transmisión de calor a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas. únicamente la energía absorbida es la que aparece en forma de calor y su transformación es cuantitativa.

La digestión y el secado de fangosa son las operaciones unitarias que utilizan la transmisión de calor. Los digestores anaeróbicos, se mantiene a 32°C o más mediante transmisión térmica por medio de intercambiadores de calor o serpentines y el secado de los sólidos se consigue mezclándolo íntimamente con aire caliente.

El flujo de calor por conducción viene dado por la Ley de Fourier.¹

$$\frac{dQ}{d\theta} = -KA \frac{dT}{dx} \quad , \text{donde:}$$

$\frac{dQ}{d\theta}$ = Tasa de transmisión a través del muro , en cal / h.

K = Conductividad térmica en cal/ °C-m-m hora.

A = Área transversal perpendicular a x, en m².

$\frac{dT}{dx}$ = Gradiente de temperatura a través del muro , en °C / m

En condiciones de equilibrio estable: $\frac{dQ}{d\theta} = \frac{Q}{\theta} = q$

y por lo tanto integrando ,tenemos: $g = \frac{Ka}{x} \Delta T$

x = Espesor de la pared o placa , m

T = Descenso de la temperatura a través del muro , °C.

Para aislamiento de tuberías donde la relación de los radios de la pared interna y externa es inferior a 2.

$$q = -K2\pi L \frac{dT}{dr}$$

integrando , tenemos:

$$q = K \frac{2\pi L}{\ln(ro / ri)} \Delta T$$

L = Longitud de la tubería o serpentín , m

ro, ri = radio interno y externo, m

1 McAdams, W.H. : Heat Transmition, 2d. ed., McGraw-Hill, New York, 1954

Por lo general , el calor se transmite a un lado del muro y se elimina del otro por convección, además también puede ser por radiación, por lo tanto la ecuación del flujo de calor será:

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h_1} + \sum \frac{x}{KA} + \frac{1}{h_2 A_2}}$$

$$q = \frac{A \Delta T}{\frac{1}{h_1} + \sum \frac{x}{K} + \frac{1}{h_2}}$$

U, es el llamado coeficiente total de transmisión térmica.

La cantidad de calor necesario en los digestores consta de la cantidad requerida para elevar hasta las del tanque de digestión, más la cantidad necesaria para compensar las pérdidas de calor a través de paredes, soleras y cubiertas.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x A_1}{KA} + \frac{A_1}{h_2 A_2}}$$

siendo:

$A_1 = A_2$, se selecciona una de ellas para el cálculo de U, para finalmente obtener:

$$q = U A_1 \Delta T$$

Valores de U para: *

Soleras en contacto con tierra húmeda	0.12 ó 0.15
Cubiertas flotantes de madera	0.33
Cubiertas flotantes de hormigón	0.16
Cubiertas flotantes con aislamiento	0.23
Cubiertas flotantes sin aislamiento	0.72

*Metcalf_Hedí, tratamiento y depuración de las aguas residuales.

Mayo 1977. Editorial Labor S.A., pp.330

3. 2.1.9 SECADO

Operación unitaria empleada en el secado del fango con el fin de eliminar su contenido de agua, cediéndola al aire ambiente por vaporización. Existen 3 tipos de secado de fangos.

- **Secado Instantáneo:** Supone la pulverización del fango en un molino o bien mediante una técnica de suspensión atomizada en presencia de gases calientes.
- **Secadores Rotativos:** Los hay de contacto directo e indirecto, se basan en la transmisión masa-calor existente entre los gases calientes y el sólido húmedo que circulan a través de un tambor ligeramente inclinado con respecto a la horizontal.
- **Incineradores:** Para secar y quemar los fangos , que previamente han sido parcialmente deshidratados por filtración al vacío.

En condiciones de equilibrio con una tasa de secado constante , la transferencia de masa es proporcional a:

1. El área de la superficie mojada expuesta.
2. La diferencia entre el contenido de agua del aire de secado y la humedad de saturación a la temperatura que marque un termómetro de bulbo húmedo para la interfase fango ó aire.
3. Otros factores tales como la velocidad y turbulencia de aire de secado como un coeficiente de transferencia de masa.¹

$$W = Ky(Hs - Ha)A \quad ,\text{donde:}$$

W = tasa de evaporación, en Kg/h

Ky = Coeficiente de transferencia de masa de la fase gas en kilogramos / unidad de diferencias de humedad (H) m²-h.

Hs = Humedad de saturación del aire en la interfase fango - aire en kilogramo de vapor de agua / kilogramo de aire seco.

Ha = Humedad del aire de secado, en kg de vapor de agua / kg de aire seco.

La temperatura de la interfase fango ó aire , se considera igual a la que señala un termómetro de bulbo húmedo para el volumen de aire de secado a gases calientes.

*McCabe, W.L.,and J.C. Smith: Unit Operations of Chemicals Engineering, 2d. ed., McGraw-Hill, New York, 1967

3.2.2 PROCESOS QUÍMICOS

Dentro de los diversos tratamientos aplicados a un agua residual podemos encontrar procesos, mediante los cuales se pueden eliminar contaminantes específicos y que no corresponden a ninguno de los encuadrados dentro de los tratamientos previos, primarios, secundarios y terciarios. Estos procesos pueden ser llevados a cabo en cualquiera de las etapas o fases de un tratamiento de aguas residuales; por citar algunos ejemplos tenemos: precipitación química, transferencia de gases, adsorción, desinfección, combustión, intercambio iónico, electrodiálisis. A continuación un breve resumen de cada uno de ellos.

3.2.2.1 PRECIPITACIÓN QUÍMICA

La precipitación química, lleva consigo la adición de productos químicos para la formación de compuestos insolubles del elemento contaminante que se desea eliminar, y que más adelante serán separados mediante sedimentación. En el pasado se utilizaba la precipitación química para mejorar el grado de eliminación de los sólidos suspendidos y de la DBO, en la actualidad se ha vuelto a despertar el interés por estos procesos para la eliminación más completa de los compuestos orgánicos y nutrientes (nitrógeno y fósforo).

Un ejemplo típico lo constituye la reducción de la concentración de los metales pesados mediante precipitación de los hidróxidos correspondientes, lo que se consigue con la adición de Cal, los fosfatos suelen precipitarse con sales de aluminio, hierro y calcio a pH determinados.

Una de las mayores dificultades con que tropieza éste proceso, es la formación elevada de fangos de hasta un 0.5% del volumen del agua residual tratada y de su eliminación, el mismo que puede efectuarse por extensión sobre el terreno, lagunaje, vertederos controlados y vertidos al mar.

Una de las ventajas de usar cal o sulfato de alumina, es la posibilidad de recuperación que existe para los 2 químicos por combustión como óxido de cal y aluminato.

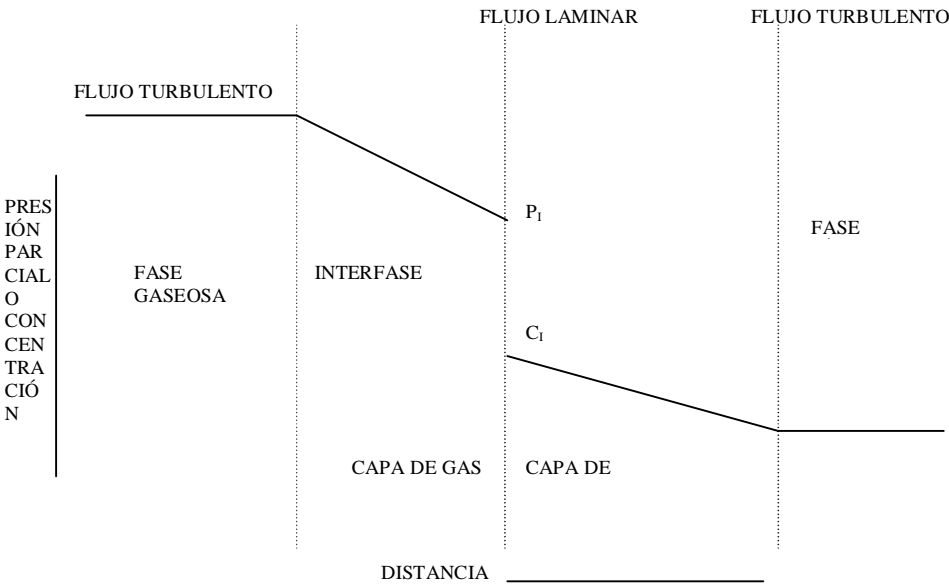
La teoría de las reacciones químicas de precipitación es muy compleja, razón por la cual se la ha presentado solo en parte debido a su misma complejidad e incluso no se producen precisamente de ese modo, pero podemos indicar que mediante la precipitación química se llegan a eliminar del 80 a 90 % de la materia total suspendida, del 50 al 55% de la materia orgánica y del 80 al 90% de las bacterias y estas cifras comparadas con las de la

sedimentación normal donde solo se eliminan desde 50 al 70% de la materia suspendida y del 30 al 40% de la materia orgánica , nos permite darnos cuenta la magnitud de la ventaja que nos proporciona este proceso.

3.2.2.2 TRANSFERENCIA DE GASES

En las plantas de tratamiento de aguas residuales , se emplea el principio de transferencia de gases para su aplicación en procesos de aereación donde él oxígeno es transmitido al agua mediante burbujas de aire que se dispersan en el líquido a profundidades de hasta 4.5 m aunque , a través de este medio no se proporciona al agua La cantidad necesaria para poder satisfacer las necesidades del tratamiento aerobio, esto es debido a la baja solubilidad del oxígeno y a su baja tasas de transferencia, razón por la cual e4s preciso formar interfases adicionales.

Una de las teorías más empleadas para explicar el mecanismo de la transferencia se basa en un modelo físico en el que existen 2 capas o películas en la interfase gas ó líquido. Ambas capas (una de líquido y la otra de gas) procuran una resistencia al paso de moléculas de gas entre las fases líquidas y gaseosa, existiendo una tasa de transferencia del gas la misma que es proporcional a la diferencia del gas la misma que es proporcional a la diferencia del gas la misma que es proporcional a la diferencia entre la concentración del gas en la solución.



ESQUEMA EXPLICATIVO DE LA TEORÍA DE TRANSFERENCIA DE GASES DE LA DOBLE CAPA

$$\frac{dC}{dt} = K(C_s - C) \quad ,\text{donde:}$$

C = Concentración del gas.

t = Tiempo.

C_s = Concentración de saturación del gas.

K = Constante de proporcionalidad.

La concentración de equilibrio del gas disuelto en un líquido es función de la presión parcial del gas en contacto con el líquido, relación dada por la Ley de Henry:

$$p_g = H X_g \quad ,\text{donde:}$$

p_g = Presión parcial de gas , en atm.

H = Constante de la ley de Henry.

X_g = Fracción molar de equilibrio del gas disuelto.

$$X_g = \frac{\text{moles de gas}(ng)}{\text{mole de gas}(ng) + \text{moles agua}(nw)}$$

H :esta en función del tipo, temperatura y constituyente del líquido.

TABLA 3.4

Constantes de la ley de Henry para distintos gases ligeramente solubles en agua

Adaptada por Perry*

T, °C	Aire	X x 10 ⁻⁴ atm /fracción molar						
		CO ₂	CO	H ₂	H ₂ S	CH ₄	N ₂	O ₂
0	4.32	0.0728	3.52	5.79	0.0268	2.24	5.29	2.55
10	5.49	0.104	4.42	6.36	0.0367	2.97	6.68	3.27
20	6.64	0.142	5.36	6.83	0.0483	3.76	8.04	4.01
30	7.71	0.186	6.20	7.29	0.0609	4.49	9.24	4.75
40	8.70	0.233	6.96	7.51	0.0745	5.20	10.4	5.35
50	9.46	0.283	7.61	7.65	0.0884	5.77	11.3	5.88
60	10.1	0.341	8.21	7.65	0.013	6.26	12.0	6.29

La transferencia efectiva de gas depende también de la agitación del agua. La turbulencia reduce el espesor de la capa líquida y disminuye la resistencia a la transferencia y a la dispersión del gas disuelto, una vez que haya tenido lugar la transferencia.

*Metcalf-Hedf, Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Mayo 1977. Editorial Labor S.A., pp.360

3.2.2.3 ADSORCIÓN

Se basa en la retención por la superficie del sólido de las moléculas en la disolución, por la acción de fuerzas químicas o físicas, las moléculas reciben el nombre de adsorbatos y absorbentes al material que retiene las partículas.

La cantidad de adsorbato que permite retener el adsorbente está en función no solo de la concentración (C) sino también de la temperatura (T). Freundlich y Langmuir * desarrollaron unas formulas para describir dicha cantidad de adsorbatos basados en experiencias realizadas, así tenemos:

$$\text{Para Freundlich : } \frac{X}{M} = KC^{1/n}$$

$$\text{Para Langmuir : } \frac{X}{M} = \frac{abC}{1 + bC}$$

,Donde;

$$\frac{X}{M} = \text{Cantidad adsorbida por peso unitario de adsorbente (carbón)}$$

C = Concentración de equilibrio del adsorbato en solución después de la adsorción.

a,b,k,n = Constantes empíricas

De entre los posibles adsorbentes el elemento más prometedor es el carbón activo, en el caso de aguas residuales se presenta en forma granular o polvo , una vez saturado es retirado y regenerado para la reactivación del carbón pueden separarse o prepararse en diferentes tamaños, el diámetro del carbón en polvo es generalmente inferior que la malla 200 mientras que el carbón granular tiene un diámetro superior a 0.1 mm.

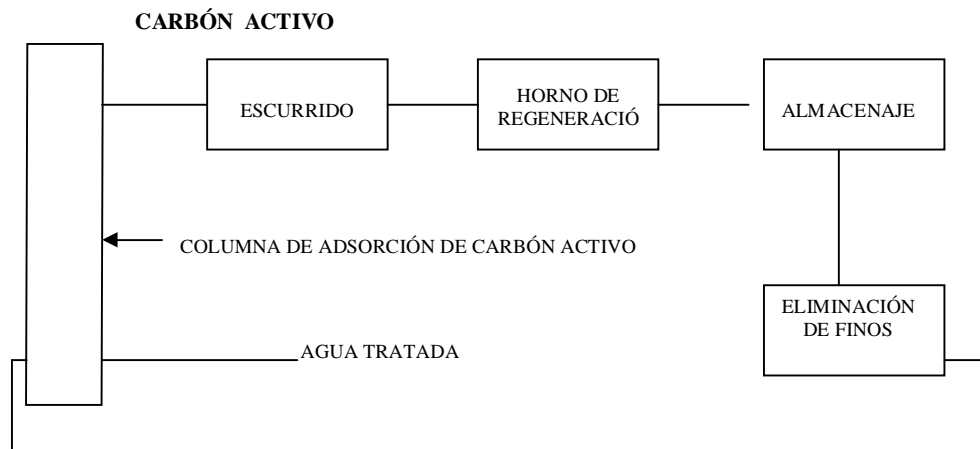
El uso del carbón activo en el tratamiento de las aguas residuales, suele considerarse como unos procesos de tratamientos biológicos normales, con el fin de eliminar parte de la materia orgánica residual disuelta.

*Metcalf-Hedí, Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Mayo 1977. Editorial Labor S.A., pp.364

El proceso de adsorción puede dividirse en tres fases:

1. Transferencia de las moléculas de adsorbato a través de la capa que rodea al adsorbente.
2. Difusión a través de los poros si el adsorbente es poroso.
3. Adsorción de las moléculas del adsorbato por la superficie activa, incluyendo la formación de enlaces entre el adsorbato y el carbón.

La velocidad de adsorción depende, pues de la velocidad con que se desplazan las moléculas o se difunden en la solución o de la velocidad con que las moléculas puedan alcanzar la superficie disponible mediante su difusión a través de la capa y el poro.



**DIAGRAMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON
CARBÓN ACTIVO GRANULAR**

3.2.2.4 DESINFECCIÓN

Se conoce como desinfectante , los procesos por el que se destruyen los gérmenes patógenos que puedan estar presentes en el agua residual. El proceso se realiza por medios **físicos**, como son elevación de la temperatura, rayos ultravioletas, etc. O mediante la **adición de ciertos productos químicos** como son, cloro, bromo, iodo, ozono, permanganato potásico, fenol y compuestos fenólicos, alcoholes, colorantes, jabones y detergentes sintéticos, compuestos amoniacales, diversos álcalis y ácidos, etc.

Además deben tener en cuenta ciertos factores que influyen en la acción desinfectante , así tenemos: tiempo de contacto, concentración y tiempo de agente químico, intensidad y naturaleza del agente físico, temperatura, número de organismos, tipos de organismos y naturaleza del medio líquido.

El tiempo de contacto quizá sea una de las variables más importantes en los procesos de desinfección, pues cuanto mayor sea el tiempo de contacto , mayor será la mortalidad de los gérmenes patógenos. La Ley de Chick * , nos expresa esto en forma diferencial:

$$\frac{dN}{dt} = -KN \quad , \quad \text{donde:}$$

N = numero de organismos patógenos.

t = Tiempo .

K = Constante, tiempo ^{ó1}.

Si N es el número de organismos para t igual a 0 integrando tenemos:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kt} \quad \text{o} \quad \ln \frac{N}{N_0} = -Kt$$

La efectividad de los distintos desinfectantes se ve influenciada por la naturaleza y condición de los microorganismos , se han propuesto 4 mecanismos para explicar la acción de los desinfectantes:

1. Daño a la pared celular.
2. Alteración de la permeabilidad celular.
3. Alteración de la naturaleza coloidal del protoplasma.
4. Inhibición de la actividad enzimática.

* Chick, H. : Investigation of the Laws of Desinfection, J. Hygiene, Vo. 8,1908,p.92

Agentes oxidantes como el cloro, pueden alterar la disposición química de las enzimas y producir su inactivación . Cuando se añade cloro en forma de gas Cl₂ al agua , tiene lugar dos reacciones :



Donde la constante k de:

Hidrólisis es :
$$K = \frac{(\text{HOCl})(\text{H})(\text{Cl})}{(\text{Cl}_2)} = 4.5 \times 10^{-4} \text{ (a } 25^\circ \text{C)}$$

Ionización es:
$$K = \frac{(\text{H}^+)(\text{OCl}^-)}{(\text{HOCl})} = 2.7 \times 10^{-8} \text{ (a } 25^\circ \text{C)}$$

Cuando se añade cloro, las sustancias fácilmente oxidables como: Fe⁺⁺, Mn⁺⁺, H₂S y la materia orgánica reaccionan con el cloro, tras satisfacer esta demanda, el cloro continuará reaccionando con el amoníaco para formar cloraminas.

TABLA 3.5

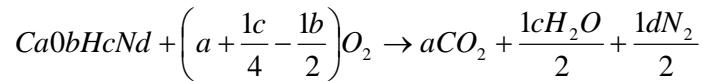
Características de un desinfectante químico ideal

CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES
Toxicidad a los microorganismos.	Deberán poseer un amplio espectro de actividad de altas diluciones.
Solubilidad.	Debe ser soluble en agua o tejido celular.
Estabilidad.	La perdida de acción germicida al estar en reposos deberá ser pequeña
No toxico a formas superiores de vida	Deberá ser toxico a los organismos y no toxico al hombre y otros animales.
Homogeneidad	La solución debe tener una composición uniforme.
Interacción con materias extrañas.	No deberá ser adsorbidos por la materia orgánica.
Toxicidad a temperaturas ambiente	Deberá ser eficaz en el intervalo de temperatura ambiente.
Penetración.	Deberá tener capacidad de penetrar a través de superficies.
No corrosivo y que no mancha.	No deberá atacar los metales o manchar la ropa.
Aptitud desodorante	Deberá desodorizar mientras desinfecta.
Capacidad detergente	Deberá poseer acción limpiadora para mejorar la efectividad de los desinfectantes.
Disponibilidad.	Deberá estar disponible en grandes cantidades y a precios razonables

3.2.2.5 COMBUSTION

La combustión o incineración de fangos se los aplica con el fin de reducir su peso y volumen, obteniendo un residuo inerte e inodoro para su eliminación final, es así que se tiene combustión seca y proceso de oxidación por vía húmeda.

- **Combustión seca:** Implica la combustión de todas las sustancias orgánicas presentes. Las necesidades de oxígeno para una combustión total pueden determinarse a partir del conocimiento de los constituyentes.



La cantidad teórica del aire será 4.35 veces la cantidad calculada de oxígeno , ya que el área se compone del 23% de oxígeno en peso. El calor requerido para el proceso será:

$$Q = EQ_s + Q_e = ECpWs(T2 - T1) + Ww\lambda$$

,donde:

Cp = Calor específico para cada categoría de sustancias en la ceniza y gases de combustión.

Ws = Peso de cada sustancia.

T1 y T2 = Temperatura inicial y final.

Ww = Peso de la humedad en el fango

Qs = Calor sensible.

El valor calorífico del fango oscila entre 2.500 y 5.500 kcal/kg. de sólidos secos, según el tipo de fango y su contenido volátil, el cual podemos calcular mediante la siguiente fórmula; basada en estudios estadísticos de valores caloríficos se fangos filtrados al vacío.

$$Q = a \left[\frac{pv(100)}{100 - pc} - b \right] \left[\frac{100 - pc}{100} \right]$$

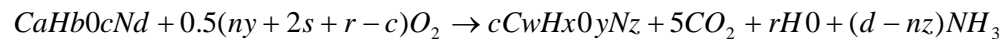
,donde :

Q = Calor específico en kcal/kg de sólidos secos.

- a = Coeficiente (73 para el fango activado reciente)
- b = Coeficiente (5.5 para fango primario , 2.8 para el fango activado).
- p_v = Porcentaje de sólidos volátiles en el fango.
- p_c = Porcentaje de sólidos procedente del coagulante añadido al fango.

Un balance térmico del proceso debe incluir las pérdidas térmicas a través de las paredes , y del equipo adecuado del incinerador, así como las pérdidas en las cenizas y gases evacuados.

- **Proceso de oxidación por vía húmeda:** Las sustancias orgánicas pueden ser oxidadas a altas presiones y elevadas temperaturas estando el fango en estado líquido al alimentar aire comprimido en el recipiente bajo presión. La combustión no es completa, el valor medio es de un 80 a un 90% por tanto, los productos finales contendrán algo de materia orgánica y amoníaco, según Rich.



donde :

$$r = 0.5 (b-nx-3(d-nz)).$$

$$s = a-nw.$$

Los resultados obtenidos a partir de esta ecuación pueden igualmente ser aproximados para la demanda química de oxígeno del lodo, que es prácticamente igual al oxígeno requerido en la combustión.

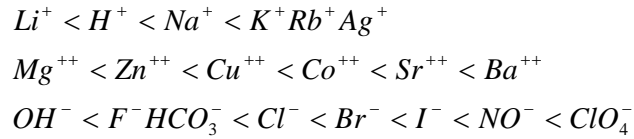
Las temperaturas del sistema varían de 176 a 315 °C con presiones proyectadas de 10 a 210 kg./ cm².

3.2.2.6 INTERCAMBIO IONICO

Proceso mediante el cual los iones de un material insoluble presentes en una disolución son desplazados e intercambiados por otros de una especie diferente que se encuentra en fase sólida finamente dividida, normalmente con 0.5 hasta 1.5 mm. de diámetro, sin alterar la estructura física de esta fase que se denomina cambiador; pueden ser de tipo continuo o discontinuo (batch).

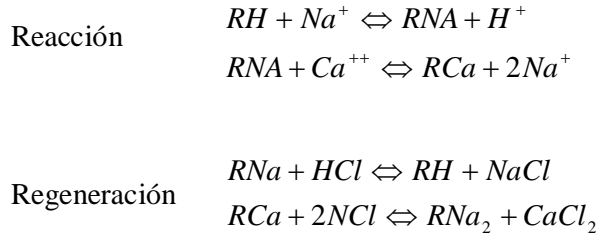
Los primeros cambiadores utilizados fueron tierras naturales (sílico ó aluminato), pero en la actualidad han sido desplazados por un tipo de materia orgánica sintética llamada resina, que forma retículas tridimensionales, en los que se fijan los grupos activos; pueden ser aniónicas o catiónicas de acuerdo al tipo de ión que se desea intercambiar, además tienen la facilidad de regeneración.

A continuación mencionaremos algunas series de resinas típicas de intercambio iónico y catiónico.



Los restauradores físicos y químicos cuya aplicación en la separación de materias orgánicas de resinas se ha realizado con éxito, son hidróxidos de sodio, ácido clorhídrico metanol y bentonita.

La química del proceso puede representarse por las siguientes ecuaciones de equilibrio:



,donde : R representa la resina.

Un grave problema relacionado con la aplicación del intercambio iónico al tratamiento de efluentes de aguas residuales es el aglutinamiento de la resina causado por la materia orgánica residual presente en el efluente procedente de un proceso biológico, problema que se elimina mediante la filtración del efluente o utilizando resinas intercambiadoras eliminadoras antes de su aplicación a la torre de intercambio.

3.2.2.7 ELECTRODIALISIS

Se basa en el principio de que dos sales en solución en el agua se disocian en iones positivos (cationes) y en iones negativos (aniones) y que al pasarle una corriente eléctrica continua, a la solución, mediante 2 electrodos los iones se orientan hacia los polos opuestos, respectivamente. Siendo separados inicialmente por el uso de membranas semipermeables selectivas de iones sean éstos catiónicos y aniónicos.

El tratamiento de aguas residuales mediante estos procesos implica también el de la precipitación química de sales de poca solubilidad en la superficie de la membrana, y la obstrucción de ésta por la materia orgánica residual en los efluentes de las plantas de tratamientos.

La introducción de una membrana catiónica y una membrana aniónica en una solución salina para formar compartimientos de agua y considerando que el agua fluya continuamente , producirá la desmineralización del compartimiento o zona central.

Pruebas realizadas por IONICS demostraron que ácidos orgánicos de bajo peso molecular, son eliminados eficazmente por medio de la electrodiálisis, corroborados por análisis de carbono orgánico total (COT) , con un índice de eliminación relativamente bajo pero significativo.

3.2.3 PROCESOS BIOLÓGICOS

Además de las operaciones y procesos que hemos mencionado en los numerales anteriores, es de importancia mencionar los procesos biológicos ya que estos se han implementado poco a poco en los tratamientos de aguas residuales actuales.

Su principio se fundamenta en que la materia orgánica en solución y suspensión, que contiene un agua residual se pone en contacto con una población de microorganismos, los mismos que utilizan para sus procesos la energía derivada de dicha materia orgánica y la consiguiente generación de más microorganismos. Este fenómeno se lleva a cabo dependiendo del ambiente acuático, si este permite la utilización del oxígeno molecular (aeróbico) o de oxígeno enlazado a compuestos químicos (anaeróbico).

En términos generales,, tenemos que el objetivo que persigue el tratamiento por medio de procesos biológicos son la coagulación y la eliminación de sólidos coloidales no sedimentables y estabilización de la materia orgánica.

3.2.3.1 CICLOS AEROBIOS Y ANAEROBIOS

Para el crecimiento y descomposición de la materia orgánica existen 2 ciclos importantes:

1. **Ciclo aerobio**: utiliza oxígeno molecular para la descomposición de la materia orgánica
2. **Ciclo anaerobio**: es el que no utiliza oxígeno molecular para la descomposición de la materia orgánica

En los sistemas aerobios, los productos finales de degradación se oxidan más, por lo tanto quedan a un nivel menor de energía que los aerobios. Esto explica el hecho de que se libere mucha más energía en la degradación aerobia que la anaerobia, consecuencia por la cual es mucho más lento su proceso (anaerobio). Es aquí donde la materia orgánica muerta se descompone por vez primera de productos iniciales a intermedios, antes de producir los productos finales estabilizados.

3.2.4 TRATAMIENTO AEROBIO Y ANAEROBIO

Como se indicó, esta clasificación se basa según la disposición del oxígeno en el medio acuático, necesario para la estabilización de la materia orgánica presente en ese medio. A continuación explicaré brevemente cada uno de ellos.

3.2.4.1 TRATAMIENTO AERÓBICO

Mediante el cual la materia orgánica se estabiliza, siguiendo una ruta aeróbica, presentando tres fenómenos principales:

1. Oxidación de materia orgánica
2. Síntesis de masa celular
3. Oxidación de masa celular

Trabajos realizados por Tamiya * en 1953 muestran que las reacciones de síntesis celular son exotérmicas y por consiguiente liberan energía, dependiendo de cada caso, pudiendo ser medida en laboratorio.

* Tamiya, H., *Material and Energy Balances of Biological Synthesis*, Actualities Scientifiques et Industrielles, Exposé de Biologie (1935), p. 214

3.2.4.2 TRATAMIENTO ANAEROBICO

Es en el que se realiza la descomposición de la materia orgánica y/o inorgánica en ausencia de oxígeno molecular, teniendo como productos finales CO₂ y CH₄. Las dos etapas características del proceso anaeróbico son: fermentación ácida y fermentación metánica.

Tabla 3.5

CONDICIONES OPTIMAS PARA EL TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE RESIDUOS *

Temperaturas óptimas	Condiciones anaeróbicas Suficientes nutrientes biológicos:
Intervalo mesófilo: 29 a 39 °C Intervalo termófilo: 49 a 57 °C	Nitrógeno Fósforo, otros. pH óptimo: 6.6 a 7.6 Ausencia de materias tóxicas

En esta tabla se resumen las condiciones óptimas en las cuales se estabiliza correctamente un sistema anaeróbico.

3.2.5 REACTORES BIOLÓGICOS

El tratamiento biológico puede llevarse a cabo por diferentes procesos, la elección del proceso más adecuado en cada caso depende tanto de razones tecnológicas ó económicas.

Así tenemos, los siguientes tipos de reactores:

3.2.5.1 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Son construidas en el terreno a profundidades de 1 a 2 mts. Constituyen el proceso más sencillo de oxidación biológica en un medio aerobio. Aunque las algas son la fuente natural de oxígeno de las lagunas, la aereación natural superficial puede aportar también oxígeno. Pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas y lagunas aereadas si el oxígeno se suministra artificialmente.

- **Lagunas aeróbicas.-** se mantienen en condiciones aerobias a todo nivel y tiempo, son de poca profundidad (0.3m) y diseñadas para una máxima producción de algas, llamadas también fotosintéticas.

*Metcalf-Hedí, Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Mayo 1977. Editorial Labor S.A., pp.438

- **Lagunas anaeróbicas.-** son de mayor profundidad (2.5 - 4m), reciben descargas de mayor carga orgánica y mantienen su condición anaeróbica en todas las partes de su volumen líquido, debido a la ausencia de algas, las productoras de oxígeno; actúan como un digestor anaeróbico pero abierto, teniendo grandes concentraciones de materia orgánica, necesitando un tratamiento adicional.
- **Lagunas facultativas.-** su profundidad es más reducida (1 ó 1.8m), funcionan de forma aeróbica en la superficie y anaeróbica en el fondo. Su mecanismo principal ocurre en el estrado superior y corresponde a una simbiosis o comensalismo de bacterias aerobias y algas.
- **Lagunas aereadas.-** similares a las lagunas estabilizadas, con la diferencia de que su abastecimiento de oxígeno lo hace mediante aereadores mecánicos superficiales, que además de suministrar aire, también actúan como mezcladores evitando de esta manera, la formación de una capa anaeróbica en el fondo. Las lagunas aereadas, equivalen a los sistemas de lodos activados sin recirculación.

3.2.5.2 LODOS ACTIVADOS

Es una suspensión de microorganismos activos muertos, en un agua residual consistente de materia orgánica e inorgánica disuelta y coloidal suspendida y atrapada.

Este es un proceso aeróbico que utiliza la reacción metabólica de los microorganismos para obtener un efluente de calidad aceptada por remoción de las sustancias que demandan oxígeno. Se lo utiliza como tratamiento secundario, después de un sedimentador primario.

Los Lodos Activados están formados por flóculos parduscos que consisten principalmente en materia orgánica procedente de las aguas residuales, poblados por miles de bacterias y otras formas de organismos vivos, tienen la propiedad de adsorber la materia orgánica coloidal y disuelta incluyendo al amoníaco de las aguas negras, con lo que disminuye la cantidad de sólidos suspendidos. Los organismos biológicos utilizan como alimento al material absorbido convirtiéndolo en sólidos insolubles no putrescibles.

*Metcalf-Hedí, Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Mayo 1977. Editorial Labor S.A., pp.589, 590

Deben mantenerse en constante suspensión durante su período de contacto con las aguas residuales a tratar, mediante algún método de agitación.

Por lo tanto el proceso consta de las siguientes etapas:

1. Mezclado de los lodos activados con las aguas residuales que se van a tratar.
2. Aereación y agitación de este licor mezclado durante el tiempo que sea necesario.
3. Separación de los lodos activados, del licor mezclado.
4. Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados, para mezclarlos con las aguas residuales.
5. Disposición del exceso de lodos activados.

Se han desarrollado diversas variaciones con el propósito de lograr diferentes condiciones; así tenemos que se ha designado con el término "Método Convencional de Lodos Activados", al proceso original para poder distinguirlo de sus variaciones o modificación de los mismos que mencionamos a continuación:

- ✓ Aereación: escalonada, graduada, con oxígeno, modificada, activada, prolongada.
- ✓ Estabilización: por contacto de capacidad elevada.
- ✓ Digestión aerobia o de oxidación total.

3.2.5.3 FILTRO PERCOLADOR

Consiste de un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual degradando la materia orgánica presente.

Su medio filtrante, generalmente es piedra de 2.5 a 10cm de diámetro con una profundidad de lecho de 1 a 3 m. dependiendo de cada diseño en particular.

En la actualidad se usan lechos de material plástico de formas regulares, gran porosidad, rígidos y ligeros. El agua residual se distribuye por encima del lecho filtrante mediante un mecanismo giratorio, recogiendo por su parte inferior el agua depurada por un sistema de desagüe que además favorece la aereación del sistema.

Cuando los microorganismos crecen, el espesor de la película aumenta y el oxígeno es consumido antes de que pueda penetrar toda la capa, se pasa a condiciones anaeróbicas; en estas condiciones tampoco puede metabolizarse el substrato orgánico del agua residual y los microorganismos actúan además, para adherirse al medio.

El nuevo líquido que llega al filtro en esas condiciones arrastra el limo activo que sale con el efluente, razón por la cual hay la necesidad de aumentar un clarificador para separar dichos limos.

Al diseñar un filtro percolador, se debe tener en consideración dos parámetros:

- ✓ Cargas orgánicas e hidráulicas y
- ✓ El grado de purificación

3.2.5.4 FILTROS ANAEROBICOS

Este es otro proceso biológico aplicado en el tratamiento de las aguas residuales, considerado como una novedad por su actual aplicación en el campo del tratamiento. Su función es la de poner en contacto al agua residual con el medio filtrante, que generalmente lo constituye piedras de 3 a 5 cm. De diámetro, donde las bacterias anaeróbicas son retenidas y se desarrollan, por lo tanto pueden obtenerse tiempo de retención celular del orden de hasta 100 días.

En el capítulo IV se detalla más ampliamente este tema, puesto que constituye el estudio principal de este trabajo.

3.2.5.5 DIGESTORES ANAERÓBICOS

Este puede ser convencional (carga normal) o de alta carga, ambos son calentados mediante serpentines situados dentro de los tanques o en el exterior.

Los Digestores Convencionales.- o de carga normal del fango, son procesos de 1 o de 2 fases . Cuando el digestor es de una sola fase; el fango sin tratar se añade en la zona en que el fango se está digiriendo activamente y liberando gas, que sube a la superficie arrastrando consigo partículas de fango, dando lugar a la formación de una capa de espumas. Resultado de este proceso el fango se vuelve más mineralizado y se espesa por acción de la gravedad, mostrando la formación de una capa de sobrenadante por encima del fango digerido.

Debido a la estratificación y falta de mezclado continuo, el volumen de un digestor de carga normal y una sola fase no es más del 50% utilizado, razón por la cual para cargas mayores, se efectúa el proceso en 2 fases.

En el caso de dos fases, 1 tanque se usa para la digestión y el segundo para almacenamiento y concentración del fango digerido, pueden tener techos fijos o cubiertas

móviles, pueden ser del tipo gasómetro, por lo general los tanques son circulares y raramente tienen diámetros menores de 6m o mayores de 35m su profundidad de agua no es menor de 7.5m en el centro hasta 14m o más, su fondo deberá ser inclinado con una pendiente mínima de 1 vertical por 4 horizontales hacia el punto de extracción situado en el centro.

Digestores de alta carga.- se diferencian del convencional, en que la carga de sólidos es mucho mayor. El fango se mezcla íntimamente mediante recirculación del gas, bombeo, mezcladores con tubos de aspersion, calentándose enseguida para lograr una pendiente óptima de digestión.

CAPITULO IV
DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO PROPUESTO PARA LAS AGUAS
RESIDUALES EN UNA EMPRES FARMACEUTICA

4.1 Generalidades.

El tratamiento del agua residual se realiza en el filtro anaeróbico , que constituye el reactor de película biológica, poniendo en contacto dichas aguas con una población microbiana mixta, en forma de una película de lama adherida a la superficie del medio sólido o relleno de soporte, el que está dispuesto en forma de un lecho empacado a través del cual circula el agua residual. Los nutrientes del líquido se difunden hacia dentro de la película para ser metabolizados por la población microbiana de la lama. Las materias en suspensión y coloidales presentes en el agua residual se aglomeran y adsorben también en la película de lama microbiana .(*)

Los medios de empaque usados en estos sistemas están dispuestos de manera que representa un área de contacto muy grande entre el líquido y la película biológica, con lo que aumenta la adsorción de nutrientes a los microorganismos.

El uso del termino "FILTRO" es incorrecto , debido a que los procesos de depuración efectuado en estos sistemas tienen poco en común con la operación unitaria de filtración.

Aparte de la adsorción y aglomeración del material en la lama bacteriana, la filtración en el sentido de la separación de un sólido de un liquido reteniéndolo en un lecho poroso, tiene poca o ninguna importancia en el proceso de depuración, aún cuando fuera un hecho apreciable . En realidad él termino apropiado debe ser percolador, ya que él liquido fluye a través de un lecho fijo , sin embargo él termino filtro es usado en forma general.

Al inicio de los años 60 se comenzó a experimentar con medio filtrantes en los sistemas anaeróbicos. en 1976 Young y Mc. Carty , probaron que con el filtro anaeróbico se obtienen mayores tiempos de retención biológica en el reactor, debido a que los microorganismos permanecían adheridos.

Además el tiempo de retención hidráulica (TRH) resultó ser bajo. Utilizando el medio filtrante se pueden obtener porcentajes de remoción de sólidos suspendidos y de DBO similares al de los sistemas convencionales pero con solo varias horas de TRH, en ves de

(*) Young, J. C. ; and Mc-Carty, P.L. ; THE ANAEROBIC FILTER FOR WASTE TREATMENT, WPCF. Journal, Vol. 41, N° 5, 1969.

20 a 30 días que utilizan estos últimos. Lo descrito anteriormente ofrece la ventaja de reducir el tamaño del reactor, disminuyendo los costos de construcción, además aumenta el tiempo de retención biológica, lográndose valores hasta de 100 días.

Los filtros anaeróbicos, se han utilizado desde hace mucho tiempo, en el tratamiento de aguas residuales y han demostrado ser estables a las variaciones de pH, temperatura y caudal; remueven porcentajes mayores al 80% en carga de materia orgánica expresada como D.Q.O., si n embargo son difíciles de modelar, tanto a escala de laboratorio como matemáticamente.

Los filtros anaeróbicos constituyen una alternativa para la depuración de agua residuales de alta concentración de materia orgánica. Han sido utilizadas en diferentes industrias tales como cervecías, en el procesamiento de papas, lácteos, etc., son estables en su operación, funcionan a temperatura ambiente, no necesitan suministro de energía y su diseño es sencillo, fácil de manejar, su mantenimiento es de bajo costo adaptándose muy bien a cualquier medio.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Para el tratamiento de las aguas residuales industriales que una planta farmacéutica genera se ha considerado un sistema anaeróbico constituido principalmente por un filtro anaeróbico que posee un medio filtrante formado por anillos plásticos llamados **Plastic-bio-ring**, los cuales permiten una mayor superficie de contacto y un bajo peso específico frente a otros medios empleados comúnmente para este fin.

A continuación se describen algunas de ventajas que presenta este tipo de sistema para el tratamiento de las aguas residuales industriales que una planta farmacéutica genera.

- ✓ No necesita suministro de energía calórica para mantener su temperatura óptima.
- ✓ El tiempo de retención biológica (TRB), en los filtros anaeróbicos son mayores a los que se obtienen en el método convencional a un mismo tiempo de retención hidráulica TRH).
- ✓ Su propiedad depuradora en efluentes de alta y baja carga de materia de materia orgánica.
- ✓ Produce poco volumen de lodos.
- ✓ Es eficiente en el tratamiento de efluentes con materia orgánica disuelta.

- ✓ Opera a presión y temperatura ambiente.
- ✓ Opera a mayor rango de pH.
- ✓ Utiliza poco espacio comparado con sistema aeróbico.

El reactor biológico está constituido por una unidad de hormigón armado a la que le antecede un tanque de neutralización del mismo material, razón por la cual sus paredes se encuentran adosadas entre sí.

Podríamos resumir que este proyecto estará constituido por una estación de bombeo, un tanque de homogenización, un filtro anaeróbico y un sistema de remoción de lodos.

4.3 ESTACION DE BOMBEO

Lugar donde confluirán todas las descargas de la planta industrial, está formada por 1 bomba sumergida (1Hp) que opera mediante un sistema de control automático, de aquí el agua es bombeada al tanque de homogenización y llegará a las otras unidades por empuje hidráulico debido a la acción de la carga hidrostática existente entre ellas.

4.4 TANQUE DE HOMOGENIZACION O NEUTRALIZACIÓN

El objetivo de esta unidad es principalmente el de igualar todas las características físico-químicas del efluente crudo, provenientes de las descargas finales de las diferentes áreas de la planta, evitando de esta manera las carga bruscas y variadas que ingresen al filtro anaeróbico o reactor biológico.

El grado de pre neutralización requerida para el tratamiento biológico depende de 2 factores:

1. La alcalinidad o acidez presentes en el agua residual.
2. Los mg/l de DBO a ser removidos en el tratamiento anaeróbico.

Existen 2 métodos de neutralización para aguas residuales:

1. **Igualación.**- la cual consiste en mezclar corrientes ácidas y alcalinas.
2. **El método de control directo de pH:** el mismo que consiste en la adición de ácidos ó bases para neutralizar las corrientes de aguas residuales alcalinas o ácidas.

Para este proyecto, he considerado el primer método para la neutralización de las aguas residuales provenientes de la planta, el mismo que involucra la mezcla de todos los efluentes en el tanque de homogenización con una capacidad de 4m³ , provisto de unas

pantallas deflectoras que inducen a una corriente longitudinal, para producir efectos importantes en su eficacia de mezclado.

4.5 FILTRO ANAERÓBICO

Es aquí donde se llevará a cabo la actividad microbiana para la remoción de la materia orgánica, la obtención de CO₂ y Metano como producto final de dicho proceso. Esta sección será construida de hormigón armado, con un fondo falso al que se le sobrepone una loseta perforada la que soporta el relleno o medio filtrante, su flujo es ascendente, ingresando el agua desde el tanque de homogenización por efecto de la carga hidrostática, atravesando el relleno construido por anillos plásticos que ofrecen una superficie de contacto, lo que aumenta el tiempo de residencia biológica (TRB), hasta llegar a la parte superior donde es recogida por medio de unos vertederos perimetrales que se encuentran al nivel del agua. El tipo de relleno escogido es el de Plastic-bio-ring, que posee una superficie específica de 341m²/m³ y un peso específico de 112 Kg/m³, la misma que en comparación con el tipo de piedra que se usa comúnmente en nuestro medio para este tipo de filtro (Piedra # 4), con peso específico de 1440 Kg/m³ y una superficie de 43m²/m³ nos ofrece numerosas ventajas. de acuerdo a datos experimentales, publicados por Campos J. R. Díaz H.G. (*1) estos dispositivos ofrecen remociones de materia orgánica mayores al 80%, valor aceptable en nuestro país.

4.6 SISTEMA DE REMOCION DE LODOS

En todo sistema de tratamiento secundario, la materia orgánica se estabiliza mediante su transformación a sólidos mineralizados y nueva masa celular.

En el caso de los tratamientos biológicos anaeróbicos con lechos fijos, la formación de lodos es mínima, alrededor de 0.1Lb/Lb de DBO removido(*2), lo que significa que no existe la necesidad de un sedimentado secundario.

(*1) Campos J. R. Díaz H.G. ,POTENCIALIDADES DEL FILTRO ANAEROBICO. Revista DAE, Vo 49, N° 154 Jan/Mar/89., pp. 32

(*2) L. Michael Szendrey., ANAEROBIC TREATMENT OF FERMENTATION WASTEWATERS, Bacardi Corp., San Juan Perto Rico, Noviembre 1984.

Los sólidos formados son retenidos ó se acumulan en el fondo falso del filtro, los que serán removidos cada vez que sea necesario.

Cuando exista exceso de lodos se pueden disponer sobre un terreno baldío, con lo que se logra el secado de ellos quedando finalmente materiales mineralizados, por lo que de ninguna manera se impacta al entorno ambiental; además, el volumen es mínimo y manejable.

El tema REMOCIÓN DE LODOS es un capítulo extenso y es tema de otro estudio. En el presente trabajo sólo nombramos su remoción de manera ligera .

4.7 CALCULOS DEL DISEÑO DEL PROYECTO

El diseño de las unidades propuestas obliga que el agua se eleve desde la cota del punto de confluencia de las aguas residuales hasta la cota de ingreso del tanque de homogenización .Estará provista de 2 bombas sumergibles con todos los elementos hidráulicos, eléctricos y panel de control.

En las otras unidades, el agua fluirá por empuje hidráulico debido a la acción de la carga hidrostática que existe entre ellas.

Cálculo de la potencia de las bombas

$$P = \frac{QH}{75n}$$

Donde :

Q= Caudal máximo horario (l/s)

H = Altura dinámica (mts)

n = Factor de eficiencia de la bomba (70 -90%).

$Q_{max.} = 6,755$ l/s.

H = 5 mts asumiendo factor de eficiencia 70%.

Tenemos:

$$P = \frac{6,755l / s * 5mts}{75 * 0,70} = 0,643$$

$$P = 0,643 * 1,4$$

$$P = 1Hp$$

Cálculo del volumen de cámara húmeda

Siendo:
$$V = \frac{q * t}{4}$$

q = Caudal de la bomba (l/s).

Q = Caudal máximo horario (l/s) = 6,755.

T = tiempo mínimo de un ciclo de bombeo = 15 min. = 900s

(Dato tomado de tratamiento y depuración de las aguas residuales por Metcalf- Hedí,
Editorial Labor S.A.).

$$q = Q.Fs$$

Fs = Factor de seguridad = 1,5

$$q = 6,755l / s * 1,5$$

$$q = 10,13l / s$$

$$V = \frac{10,13l / s * 900s}{4}$$

$$V = 2279,25l = 2,28m^3$$

Número de ciclos de la bomba = 2

Periodo de retención máxima = T_{max} .

$$T_{max} = \frac{V}{Q_{min}}$$

V = Volumen de la cámara húmeda

Q_{min} = Caudal mínimo horario l/s

$$T_{max} = \frac{2279,25l}{0,193l / s * \frac{60s}{1 min.}} = 196,83 min.$$

$$T_{max} = 196,83 min utos.$$

Dimensiones de la cámara húmeda

$$h = 1,40\text{mts.}$$

$$l = 1,30\text{mts.}$$

$$a = 1,30\text{mts.}$$

La altura asignada , es la recomendada para poder colocar los controles de niveles máxima y mínima.

Dimensiones de la estación de bombeo.

h = estará en función de la cota del terreno.

$$l = 1,30 \text{ mts.}$$

$$a = 1,30 \text{ mts.}$$

4.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Habiendo indicado anteriormente, las unidades que constituyen el sistema de tratamiento del efluente de agua residual, generado por la empresa, se debe tener en consideración para sus respectivas construcciones , las siguientes especificaciones técnicas y constructivas:

- ▶ Las unidades diseñadas serán construidas en hormigón armado y dispuestas al nivel de la superficie del terreno.
- ▶ En los trabajos de excavación se tomará en cuenta que las zanjas por la instalación de tuberías deberá tener un ancho de 0,60 m más el diámetro de la tubería y deberá estar sobre y recubierta con un material fino (ejemplo arena).
- ▶ En la excavación del terreno donde se ubicaran las unidades de homogenización y filtro anaeróbico, se considera dejar espacios libre para la circulación de trabajadores y maquinarias .
- ▶ los rellenos a realizarse , serán con cascajo fino, compuesto en capas compactas cada 0.15 m
- ▶ Las tuberías a instalarse, serán PVC tipo presión con los diámetros indicados en los planos.
- ▶ En los que respecta a la construcción de hormigón armado solo deberá usarse hormigón de clase A, cuya resistencia a los 28 días Serra de 210 kg/cm^2 .

- ▶ El hormigón será mezclado en las proporciones indicadas por el diseño.
- ▶ Se protegerá debidamente todo el hormigón de la acción del sol y se mantendrá mojado por un período de 10 días utilizando para ello una manguera para rociarlo con agua; así mismo las paredes que permanezcan con el encofrado, se deberán mantener húmedas para evitar la deshidratación del hormigón.
- ▶ Las barras de acero de refuerzo deberán estar limpias sin materiales extraños, hasta el momento de colocar el hormigón cuidar de que esta no se desplace usando para ello amarres de alambres en todas sus intercepciones.
- ▶ En todos los traslapes o intercepciones de continuidad, en barras, se cuidara de que exista por lo menos 30 veces el diámetro de longitud de traslapé, los cuales serán firmemente amarrados a las barras transversales.
- ▶ El refuerzo horizontal de paredes, será traslapado 30 veces el diámetro de la barra con el refuerzo horizontal de la pared que interceptan.
- ▶ La armadura horizontal, se colocará a 5 cm. Libre(como mínimo, de la superficie de hormigón ; en la losa del fondo tendrá un recubrimiento no menor de 8 cm.
- ▶ alrededor de los boquetes de inspección y en las esquinas e intercepciones de muros y losas, se deberá instalar un refuerzo adicional.
- ▶ Las tapas de las cajas de inspección deberán ser de hormigón armado con ángulos metálicos y los filos pintados con anticorrosivos.

Estación de bombeo, puede el agua también llegar sólo por gravedad a la cámara de hogenización

- ▶ Deberá ser construida de acuerdo a las especificaciones del plano , será hormigón armado y provista de 2 bombas sumergibles que funcionen automáticamente con los controles del nivel del líquido, deberán ser resistentes a pH extremos.
- ▶ El nivel máximo del líquido de la cámara húmeda se encontrara a 25 cm. Por debajo de la tubería de entrada; la alarma de inundación se producirá a 15 cm. Por encima de esta altura.
- ▶ El nivel mínimo de la cámara húmeda se hallará por encima del punto de succión de la bomba.
- ▶ el sistema estará dotado de un tablero de control que contenga arrancador, luces piloto, controladores de nivel, alarma visual y sonora, protectores para variaciones de carga y tensión, etc.

Tanque de homogenización o neutralización (Ver anexo 3)

► Las dimensiones y especificaciones , están detalladas en el plano que se adjunta su estructura será de hormigón armado de forma prismática rectangular cerrada con bocas de visita para inspección y mantenimiento se colocara un tubo de ventilación para liberar gases que se pueden generar.

Filtro anaeróbico (Ver anexo 3)

El filtro anaeróbico será construido de acuerdo a las especificaciones y dimensiones indicadas en el plano. Estará adosado al tanque de homogenización, será de hormigón armado de forma prismática rectangular totalmente cerrado , provisto de bocas de visita con tapas herméticas que impiden el paso de aire.

Se instalaran tuberías para la salida de los gases que generan en él la reacción, estarán provistas de válvulas Checks, además de trampas de llama y accesorios de seguridad. En este reactor no se ha considerado el sistema de aprovechamiento de metano ya que su diseño corresponde a otras áreas profesionales.

4.9 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.9.1 ESTACIÓN DE BOMBEO.

La estación de bombeo , estará construida en el punto donde confluyen todas las aguas residuales generadas en la planta. El sistema estará conformado por 2 bombas sumergibles las que operarán automáticamente de acuerdo a los controles de nivel que accionan el panel de control y manda.

Esta unidad operará en forma automática y en caso de producirse un desperfecto, el agua de exceso que ingresa en la cámara húmeda, desfogará por la tubería instalada con este propósito.

El mantenimiento de los equipos que conforman la estación de bombeo, deberá estar inmerso en la programación elaborada por el departamento respectivo de la empresa, por ser elementos mecánicos y eléctricos conocidos ampliamente por este personal.

4.9.2 TANQUE DE NEUTRALIZACIÓN U HOMOGENIZACIÓN

El tanque de homogenización tendría como objetivo principal, igualar las características físico- químicas del agua residual. Las variaciones en la concentración de los parámetros contaminantes serán absorbidas por el tanque de igualación, ya que éste tiene un tiempo de resistencia de un día, se estima que a la salida del tanque (afluente del filtro), los valores serán los siguientes:

pH = 6.5

DQO = 500 mg/l.

DBO = 250 mg/l.

Sólidos Suspendidos = 220 mg/l.

Temperatura = 27°C.

El agua residual que ingresa al tanque de igualación es elevada desde la estación de bombeo, cada vez que el control automático accione el equipo, el mismo que está en función de la altura del agua en la cámara húmeda.

El programa de mantenimiento deberá elaborarse de acuerdo al tiempo de funcionamiento y se realizará cuando no ingrese agua residual al sistema será mínimo por tratarse de una estructura de hormigón armado, construida por debajo del nivel del terreno.

4.9.3 FILTRO ANAERÓBICO.

El agua residual mezclada y homogenizada ingresa desde el tanque de homogenización debido a la carga estática y al empuje hidráulico, al fondo y fluye ascendentemente hasta llegar al nivel de los vertederos de salida, atravesando todo el lecho filtrante. Esta operación se realiza en forma continua. Deberá seguirse un control de rutina en el efluente tratado y de esta manera calcular la eficiencia de remoción y por ende el normal funcionamiento del equipo.

El mantenimiento estará dirigido al funcionamiento de las tuberías de gases y sus dispositivos de seguridad con el propósito de evitar una eventual explosión debido a la presencia de gases, generados durante el proceso.

Para la remoción de lodos, se ha considerado realizar un bombeo de 5 m. Cada mes, desde el fondo del reactor hasta recipientes que sirvan como decantadores y separar los lodos sedimentables, que serán desalojados como desechos sólidos, del líquido clarificado que será recirculado por el sistema.

4.9.4 REMOCIÓN DE LODOS

Los sólidos suspendidos remanentes en el agua tratada están constituidos básicamente por microorganismos y materia orgánica mineralizada, tienen la apariencia de pequeñas partículas suspendidas en un líquido clarificado por lo que no es necesario el uso de clarificadores. Sin embargo en la mayoría de los casos se hace necesario la limpieza del filtro después de 1.5 año de funcionamiento para luego hacer limpieza cada 6 meses.

Para el caso de nuestro proyecto se debe remover el lodo cada 6 meses acoplado una bomba a las tuberías de succión que para el efecto se dispone convenientemente en el filtro.

La cantidad de lodos removido será aproximadamente de 2 m³ como máximo de cada uno de los reactores , con el propósito de asegurar que el sistema contenga suficiente biomasa y no alteren el buen funcionamiento del filtro.

Ver fotografías en el Anexo 4, donde se diseño el proyecto en escala.

CAPITULO V
MATERIAL Y METODOS

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizará un estudio prospectivo analítico para determinar las características que tienen los desechos líquidos de una planta farmacéutica (Kronos Laboratorio) dando a conocer un tratamiento alternativo durante el cual se reducirá la carga contaminante de esta agua residual que luego podrán ser evacuadas a la red de alcantarillado público.

5.2 UNIVERSO DE ESTUDIO

Esta comprendido por las aguas residuales industriales de KRONOS Laboratorios.

5.3 MUESTRA DE ESTUDIO

Incluiré como muestra de referencia las aguas residuales recolectadas al final de la producción (recolectarse aproximadamente 200 Lts de agua residual cada 48 horas del Laboratorio Kronos). Ver fotos del Anexo 5

TABLA DE INTERPRETACIÓN DE LAS MUESTRAS

#	Descripción de la muestra	Lugar de muestreo
MUESTRA #:1	Esta es un promedio de la caracterización inicial, sacado de tres puntos de descarga de la planta. De cada punto se toman 200Lts., y luego se homogeniza la muestra y se toma solo 1000ml de muestra	Areas de descargas: <ul style="list-style-type: none"> • Descarga Agua de lavado (Antibióticos) • Descarga Agua de lavado (área de líquidos) • Descarga Agua de lavado (área de tabletas)
MUESTRA #:2	Es un promedio de 2 muestras de agua residual industrial; De 1000ml cada muestra	agua residual industrial tomada antes de ingresar al tratamiento propuesto.
MUESTRA #:3	Es un promedio de 2 muestras de agua residual industrial. De 1000ml cada muestra	agua residual industrial tomada después de tratarlas por medio del filtro anaeróbico

5.4 CRITERIOS DE INCLUSION

En este análisis incluiré el estudio de las características de las aguas residuales del laboratorio KRONOS; las cuales deben cumplir con ciertos rangos para luego ser evacuadas al alcantarillado.

- Incluiré las aguas residuales recolectadas del final de la producción de las áreas de manufactura de tabletas, de manufactura de formas farmacéuticas líquidas, aguas de lavado del área de antibiótico. Una cantidad de agua promedia recogida de 200 Lts, por 48 horas.
- Agua residual industrial tomada antes de ingresar al tratamiento propuesto.
- Agua residual industrial tomada después de tratarlas por medio del filtro anaeróbico

5.5 OBTENCION DE DATOS

Para la obtención de los datos primarios se realizará una caracterización inicial de las aguas residuales industriales, tomando los parámetros que indica la legislación Vigente en el Ecuador, (Ver ANEXO 1);

Luego se diseña el proyecto en menor escala y se analizarán las aguas residuales antes de ingresar al tratamiento y finalmente se analizarán las aguas tratadas, donde incluiré sólo los parámetros que indica la Guía Para el Monitoreo de Aguas Residuales Industriales, dado por el Municipio de Guayaquil, de acuerdo al sector industrial Ver Anexo 2.

Como son: caudal, olor, color, carga contaminante, pH, temperatura, DBOs, DQO, STD, SST, Metales Pesados.

Aunque este último queda excluido debido a que en la caracterización inicial dio resultados negativos.

5.6 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

El desarrollo de este trabajo lo he agrupado por etapas del tratamiento:

1. Recolección de las aguas residuales de la planta farmacéutica
2. Caracterización inicial de las aguas residuales, utilizando muestra compuesta.
3. Aplicar el tratamiento propuesto que consiste en: homogenización ó neutralización, filtración por el lecho anaeróbico.
4. Verificar los resultados del tratamiento aplicado a las aguas residuales analizando las pruebas que certifiquen que esta agua puede ser evacuada a la red de alcantarillado público.

Dentro de las técnicas de análisis a utilizar tenemos:

- Determinación colométrica (para analizar pH)
- Métodos por centrifugación (para analizar materias en suspensión)
- Métodos acidimétricos, etc.

5.6.1 MATERIALES A UTILIZAR

Dentro de estos tenemos:

- Materiales de vidrio: tubos de ensayo, probetas, matraces aforados, pipetas, vasos de precipitación, etc.
- Papel filtro
- Agitadores
- Cubas de precipitación
- Balanzas
- Estufa
- Termómetro, etc

5.6.2 REACTIVOS A UTILIZAR

Dentro de estos nombraré algunos:

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| • Hipoclorito de sodio | • Sulfato de Hidracina |
| • Cal (carbonato cálcico) | • Thiosulfato de sodio 0.01N |
| • Azul de Metileno | • Solución de cloruro de potasio |
| • Agua destilada | • Solución de almidón, etc. |

5.7 TECNICAS DE LABORATORIO PARA ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

5.7.1 POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

Introducción.-

La medición de pH es uno de los parámetros más importantes y frecuentemente utilizado en análisis químico de aguas, ya que nos permite medir intensidad de acidez, alcalinidad. Los términos ácido, neutro o alcalino son solo una expresión general para indicar la ubicación de un agua dentro de una escala conocida como pH.

Los valores de esta escala están comprendidos entre 0 y 14. El pH es una medida que expresa la concentración de ión hidrógeno en el agua.

El pH de las aguas naturales están generalmente comprendidos entre: 4 y 9.

Las aguas residuales contaminadas pueden tener valores de pH mucho más bajo o mucho más alto.

El pH puede medirse electrónicamente o colorimétricamente. El método colorimétrico aunque menos costoso, puede usarse solo si se requieren valores aproximados de pH. El método electrométrico es más exacto y está libre de interferencias, por lo cual es el que utilizaremos en la medición de pH.

Reactivos

- Solución buffer de pH 7,0 + 0,01 a 25° C
- Solución buffer de pH 4,0 + 0,01 a 25° C
- Solución de cloruro de potasio.

Aparatos

- pH-metro electrónico con ajuste de temperatura (potenciómetro).
- Agitador magnético.

Procedimiento (método electrométrico):

- Calibre el pH-metro con solución estándar de pH.
- Enjuague el electrodo con agua destilada.
- Sumerja el electrodo en el frasco que contiene la muestra problema.
- Accionar el encendido en la unidad.
- Leer el valor del pH en la pantalla.
- Presionar OFF para apagar la unidad.
- Retirar y enjuagar el electrodo con agua destilada.
- Sacudir el electrodo con agua destilada.
- Sacudir el electrodo en el aire.
- Coloque el electrodo en una capucha que contiene una solución de C1K.

Interferencias

Electrodo de vidrio es inmune a las interferencias por calor, turbiedad, cloro libre, agentes oxidantes o reductores, así como, salinidad elevada. Las grasas y aceites pueden interferir causando respuestas lentas.

NOTA: Leer las instrucciones de cada pH-metro a usar.

5.7.2 TEMPERATURA

Introducción

La determinación de la temperatura en aguas es importante para varios procesos de tratamiento. La temperatura juega un papel importante en la solubilidad de las sales y principalmente de los gases, en la disolución de las sales y por lo tanto en la conductividad eléctrica, en la determinación del pH, etc. Además esta medida es muy útil para los estudios limnológicos y desde el punto de vista industrial para los cálculos de cambios térmicos. La medida de la temperatura se efectúa en el momento de la toma de la muestra.

Objetivo

La finalidad que persigue esta prueba es la de conocer con exactitud la temperatura del agua a la cual se efectuó el muestreo haciendo uso de un termómetro de vidrio con bulbo de mercurio.

Aparatos

- Un termómetro de mercurio graduado con divisiones de 0.1°C
- Un beaker de 500 ml.

Procedimiento

- Recoger la muestra en el beaker.
- Introducir el termómetro en la muestra sin tocar las paredes del beaker.
- Se registra la temperatura a la fracción más cercana de un grado centígrado que sea posible estimarse.
- Al mismo tiempo medir la temperatura del aire en el punto de muestreo usando el mismo termómetro seco u otro de características similares.

5.7.3 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (D.Q.O) : METODO REFLUJO CON DICROMATO.

Introducción

La demanda química de oxígeno, es una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra que es susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte. En caso de efluentes de aguas residuales industriales es preferente determinar la materia orgánica a través de la DQO, empleando como oxidante Dicromato de potasio, obteniéndose resultados comparables y más significativos.

Objetivos

El objetivo de este método es la determinación del consumo de oxígeno en muestras de agua residuales y de abastecimiento.

Definiciones

Oxígeno Consumido.- Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica de una muestra, en condiciones normales.

Aparatos

- Equipo de reflujo.- Compuesto por un balón tipo pyrex de 250 ml. junta 24/40 y un condensador tipo Liebig de 300 mm. junta 24/40 calentador, con un poder de 1,4 w/cm² de superficie de calentamiento.

- Bureta de 50 ml.

- Pipetas de 5 y 10 ml.

- Termómetro.

Reactivos

- Solución estándar de Dicromato de Potasio 0,25 N.

- Sulfato de Plata, grado reactivo en cristal o polvo.

- Reactivo de Ácido Sulfúrico-Sulfato de plata.- añada 10g de sulfato de plata a 1 litro de ácido sulfúrico concentrado y disuelva.

- Ácido Sulfúrico concentrado.

- Solución indicadora de ferroín.

- Solución titulante ferroso amoniacal 0,25 N.

- Sulfato mercúrico, en cristales o polvo.

Procedimiento

- Colocar 20ml de muestra o una alícuota diluida a 20 ml. en un matraz de reflujo (balón tipo pyrex).

- Agregar 0,4 de sulfato mercúrico.

- Agregar unas cuantas perlas de vidrio.

- Agregar 5 ml. de reactivo ácido sulfúrico - sulfato de plata para disolver el sulfato mercúrico.

- Enfriar mientras se agita lentamente.

- Agregar 10ml. de solución de dicromato de potasio 0,25 N agitando lentamente.

- Una el condensador al balón y conectar el agua de enfriamiento.

- Agregar 25ml. de reactivo ácido sulfúrico-sulfato de plata por el extremo abierto del condensador, continuar agitando y enfriar de tal forma que no se produzca sobrecalentamiento en el fondo del balón.

- Reflujar por 2 horas desde que empieza la ebullición teniendo la precaución de tapar el extremo abierto del condensador par evitar contaminación.
- Enfriar y enjuagar el condensador con agua destilada hasta completar un volumen final de 140 ml.
- Separar el balón del condensador y agregar 3 gotas de solución indicadora de ferroín en la solución.
- Titular con sulfato ferroso amoniacal 0.10 N hasta color café rojizo.
- Reflujar al mismo tiempo un blanco consistente en 20 ml. de agua destilada, aplicando el mismo tratamiento de la muestra.
- Solución de sulfato ferroso amoniacal debe ser estandarizada cada vez que se realiza la prueba de DQO.
- **Cálculos:**
- Normalidad de solución de sulfato ferroso amoniacal.

NFAS= 10 ml de solución de dicromato de Potasio 0.25 N* 25

Ml de FAS empleado en la estandarización.

- Cálculo de la DQO:

$$\text{mg/l} = (a - b) * N * 8000$$

Volumen de muestra usada

donde:

a: ml de FAS empleados en el blanco.

B: ml de FAS empleados en la muestra.

N: Normalidad del FAS.

5.7.4 OXIGENO DISUELTO (O.D.)

Introducción

El O.D. es uno de los parámetros más importantes dentro del campo de solución en aguas. Los niveles de O.D. en aguas naturales y de desechos, dependen de la actividad física, química, biológica en el cuerpo de agua. La solubilidad del oxígeno está en función de la temperatura y de la actitud local. El método empleado es el de la Modificación Azida.

Objetivo

La presente técnica describe un método de determinación de la concentración del oxígeno disuelto en muestras de aguas en general, aguas de abastecimiento, aguas residuales y agua de mar. Este método se aplica para la determinación de concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 0,1 mg/L.

Aparatos

- Botellas de DBO de 300 ml.+
- Pipetas graduadas, tipo serológicas.
- Erlenmeyer de 500 ml.
- Bureta de 50 ml.
- Probeta de 250 ml.

Reactivos

- Solución de sulfato manganoso.
- Reactivo alcali-azida.
- Solución estándar de tiosulfato de sodio 0,025 N.
- Solución indicadora de almidón.
- Ácido sulfúrico concentrado.

Procedimiento

A la muestra recogida en una botella de DBO, agregar 2 ml de sulfato manganoso y 2 ml de reactivo álcali-yoduro-azida. Tapar bien la botella y mezclar al menos 2 minutos, para sedimentar el hidróxido manganoso formado.

Luego, agregar 2 ml. de ácido sulfúrico concentrado.

Tapar bien la botella y homogenizar bien la mezcla hasta que se haya disuelto por completo el precipitado de hidróxido manganoso.

Transferir inmediatamente 200 ml. de la muestra en un erlenmeyer con ayuda de una probeta.

Titular con solución de tiosulfato de sodio 0,025 N hasta un pálido color paja, usando 1 ml. de solución indicadora de almidón y continuar la titulación hasta desaparición del color azul característico.

Cálculos

1 ml. de solución de tiosulfato de sodio 0,025 N = 1 mg/L de O.D.

5.7.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O)

Introducción

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno DBO es un análisis empírico en el cual procedimientos estandarizados de laboratorio se usan para determinar el requerimiento del oxígeno requerido por la degradación bioquímica de materia orgánica (Demanda Carbonácea) y el oxígeno utilizado para oxidar la materia inorgánica tal como sulfuro, e hierro ferroso.

Los microorganismos utilizan el oxígeno atmosférico disuelto en el agua para la oxidación bioquímica de la materia contaminante, la cual es su fuente de carbón. Cuando la muestra contiene muy pocos microorganismos, como resultado por ejemplo de la cloración, alta temperatura o pH extremos es necesario inocular el agua de dilución. El material estándar para la inoculación es residuo doméstico sedimentado que ha sido almacenado a 20°C de 1 a 36 horas.

Objetivo

La presente norma prescribe un método de determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en muestras líquidas en general efluentes domésticos e industriales, lodos y aguas de mar.

Definiciones

Demanda Bioquímica de Oxígeno.- Es la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra bajo condiciones de ensayo.

Aparatos

- Incubadora de aire o baño de agua.
- Bomba de aire.
- Botellas de incubación (frascos de DBO tipo pyrex).
- Matraces aforados de 1.000 ml.
- Pipetas volumétricas de capacidades variadas (0,1 a 10 ml).
- Probetas de 250 ml
- Fiolas de 250 ml.
- Bureta de 50ml.
- Bulbo pipeteador.

Reactivos

- Agua destilada conteniendo menos de 0,01 mg/ L de cobre (agua des-ionizada).
- Solución de buffer de fosfato.
- Solución de sulfato de magnesio.
- Solución de cloruro férrico.
- Solución de cloruro de calcio.
- Solución de ácido sulfúrico 1 N.
- Solución de hidróxido de sodio 1 N.
- Solución de sulfito de sodio 0.025 N.

- Solución de sulfato de manganeso.
- Solución de álcali-yoduro-azida.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Solución estándar titulante de tiosulfato de sodio 0,025 N.
- Solución indicadora de almidón.

Procedimiento

Preparación de agua de dilución:

- Usar agua destilada o des-ionizada almacenada a 20°C.
- Aerear el agua destilada por 5 minutos.
- Agregar un mililitro por cada litro de agua destilada o des-ionizada de: solución de buffer de fosfato, solución de sulfato de magnesio, solución de cloruro de calcio y solución de cloruro férrico.

Pretratamiento de la muestra

- Muestras que tienen alcalinidad cáustica o acidez, se neutralizan con ácido sulfúrico o hidróxido de sodio 1 N hasta pH 7,0.
- Muestras que contienen cloro residual, se deja reposar por 1-2 horas la muestra, lográndose así que el cloro se disipe.

Técnica de dilución

Emplee la tabla adjunta para realizar las diferentes diluciones.

Si no se conoce mayormente la muestra utilice las siguientes diluciones:

1% para desechos industriales fuertes.

1-5 % para aguas de desechos crudas y sedimentadas.

5-25 % para efluentes tratados biológicamente.

25-100 % para aguas de ríos contaminados.

Determinación del O.D. inicial e incubación.

Por cada dilución de la muestra se preparan dos botellas de incubación en idénticas condiciones.

Una servirá para determinación del O.D. inicial, y la otra se incubará por 5 días a 20°C.

El O.D. inicial se realiza inmediatamente luego de haber preparado todas las diluciones (Método de la modificación azida).

Incubar a 20°C las botellas de DBO conteniendo las diluciones deseadas haciendo uso del sello de agua.

El O.D. final se determina luego de los 5 días de incubación.

Cálculos

Cuando no se requiere inoculación.

$$\text{mg/ L DBO} = (D1 - D2) / P$$

Cuando el agua de dilución es inoculada.

$$\text{mg/ L DBO} = (D1 - D2) - (B1 - B2) f$$

P

Donde:

D1: Oxígeno disuelto de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación en mg/ L.

D2: Oxígeno disuelto de la muestra diluida después de 5 días de incubación en mg/ L.

P: Fracción volumétrica decimal de la muestra usada.

B1: Oxígeno disuelto del inóculo en control antes de la incubación, mg/ L.

B2: Oxígeno disuelto del inóculo en control después de la incubación, mg/ L.

f: Razón del inóculo en muestra inóculo en control.

5.7.6 RESIDUOS (SOLIDOS)

Introducción

El término residuo se refiere a la materia sólida suspendida o disuelta en agua. El residuo afecta la calidad de agua. Las aguas altamente mineralizadas son inadecuadas para muchas aplicaciones industriales. Un límite de 500 mg/ L de residuos es deseable para agua potable. Los métodos empleados para la determinación de residuos son gravimétricos.

Objetivo

La presente técnica describe los métodos para determinación de las diversas formas de residuos (total fijo, total volátil, no filtrable, no filtrable fijo, no filtrable volátil,

filtrable, filtrable fijo y filtrable volátil) en muestras de aguas en general, efluentes domésticos e industriales, aguas de mar, lodos y sedimentos.

Definiciones

Residuo Total.- Es el material que queda en la cápsula después de una evaporación de una porción de muestras y su posterior secado en la estufa a una temperatura escogida (103 ó 180 °C), hasta peso constante.

Residuo filtrable.- Es la porción de residuo total que pasa por un filtro de fibra de vidrio que retiene partículas de diámetro de 1,2 micras o mayor.

Residuo no filtrable.- Es la porción del residuo total que no pasa por un filtro de fibra de vidrio que retiene partículas de 1,2 micras o mayor.

Residuo fijo.- Es la porción que queda después de la ignición del residuo (total, filtrable o no filtrable) a 550 °C por 1 hora.

Residuo Volátil.- Es la porción de residuo (total, filtrable o no filtrable) que se pierde por ignición de una muestra a 550 °C por una hora.

Aparatos

- Cápsula de evaporación de 100 ml. de porcelana a platino.
- Probeta de 50 y 100 ml.
- Probeta de 250 y 500 ml.
- Desecador.
- Crisol de Gooch, capacidad de 30 ml., diámetro. 2,4 cm.
- Kitasato tipo pyrex de 1000 ml.
- Baño Maria.
- Estufa (103 - 180°C).
- Mufla (550°C).
- Balanza analítica, precisión +- 0,1 mg.
- Pinzas.

Ejecución del ensayo

Interferencias:

Los resultados de los residuos están sujetos a error debido a:

- Pérdidas de compuestos volátiles durante la evaporación.
- Pérdida de CO₂ y compuestos volátiles durante la evaporación.
- Descomposición de compuestos.

Muestreo y preservación

Use botellas de vidrio, las plásticas son satisfactorias si la materia en suspensión de la muestra no se adhiere a las paredes del envase.

Las muestras de agua, efluentes domésticas e industriales no analizadas inmediatamente se preservan hasta 7 días por refrigeración a 4°C.

Método a: residuo total

Principio.- Una porción homogénea se evapora en una cápsula tarada y se seca hasta peso constante, en un horno a 103 - 105 °C. El aumento en peso sobre la tara representa el residuo total.

Procedimiento

Calentar la cápsula limpia a 550 °C + / - 50 °C por una hora, en una mufla, enfriar en el desecador, pesar y almacenar en el desecador hasta su uso.

Transferir un volumen adecuado de muestra homogénea, evaporar en un Baño de María a sequedad.

Enfriar la muestra evaporada por una hora en un desecador y pesar.

Método b: residuo fijo

Principio.- El residuo obtenido en la determinación del residuo total es sometido a ignición a 550°C. El material que queda representada el residuo fijo.

Procedimiento

Someter el residuo obtenido en la determinación del residuo total a ignición en la mufla a 550°C por una hora.

Enfriar en el desecador y pesar.

Método c: residuo volátil

Principio.- Es obtenido por diferencia entre los valores de residuo total y residuo fijo.

Procedimiento

Determine el residuo total de la muestra (Método A).

Determine el residuo fijo de la muestra (Método B).

Método d: residuo filtrable

Principio.- Una porción homogénea de la muestra es filtrada al vacío por un filtro de fibra de vidrio. Este filtrado es evaporado a sequedad en un Baño María y secada en la estufa a 103 - 105°C. El aumento en peso de la cápsula vacía corresponde al residuo filtrable.

Procedimiento

Calentar la cápsula limpia a 550°C por una hora en la mufla, enfríe en el desecador, pese y almacene en el desecador hasta su uso.

Preparación del crisol Gooch: colocar el disco de papel filtrado de fibra de vidrio en el crisol Gooch, colocar el conjunto en un Kitasato aplicar vacío y lavar con tres porciones sucesivas de 20 ml. de agua destilada. Continuar la succión hasta remover todas las trazas de agua destilada del disco y descartar los lavados.

Filtrar al vacío 50 ml. de la muestra homogénea.

Transferir a la cápsula la porción del filtrado y evaporar a sequedad en un Baño María.

Después de evaporar, secar la cápsula en una estufa a 103°C por lo menos una hora.

Enfriar en el desecador y pesar.

El residuo filtrable también puede ser determinado por la diferencia entre los valores del residuo total y el residuo no filtrable.

Método e: residuo filtrable

Principio.- El residuo obtenido en la determinación del residuo filtrable es sometido a ignición a 550°C. El material que queda es el residuo filtrable fijo.

Procedimiento

El residuo filtrable obtenido en el método D es sometido a ignición a la mufla a 550°C por una hora.

Enfriar en el desecador y pesar.

Método f: residuo filtrable volátil

Principio.- Es obtenido por diferencia entre los valores del residuo filtrable total y el residuo filtrable fijo.

Procedimiento

Determinar el residuo filtrable de la muestra de acuerdo al método D.

Determinar el residuo filtrable fijo de la muestra de acuerdo al método E.

Método g: residuo no filtrable

Principio.- Una porción homogénea y medida de la muestra es filtrada al vacío por un filtro de fibra de vidrio, el material retenido en el filtro es secado en la estufa a temperatura seleccionada. El aumento en peso con relación al peso del crisol con filtro al vacío representa el residuo no filtrable.

Procedimiento

Preparación del crisol Gooch: colocar el disco de papel filtro de fibra de vidrio en el crisol de Gooch y colocar el conjunto en un kitasato, aplicar vacío y lavar el conjunto con agua destilada y descartar todas las aguas de lavado.

Secar el conjunto en una mufla a 550°C por una hora, enfriar en el desecador, pesar y almacenar en el desecador hasta su uso.

Filtrar al vacío una porción homogénea de la muestra, previamente medido en una probeta.

Aplicar vacío hasta remover toda el agua.

Secar el conjunto en la estufa a temperatura de 103°C, por lo menos una hora.

Enfriar en el desecador y pesar.

5.7.7 ALCALINIDAD

Introducción

La alcalinidad es una medida de capacidad de aguas para neutralizar ácidos fuertes a un pH determinado. Esta capacidad se deriva de la presencia de bases fuertes. El valor medido puede variar significativamente con el punto final de pH usando en la determinación.

La alcalinidad es considerada como una indicación de la concentración de carbonato, bicarbonato e hidróxido. En aguas superficiales la alcalinidad puede ser derivada de la presencia de grandes cantidades de algas; ellas remueven dióxido de carbono del agua, elevando el pH de la misma de 9-10.

Objetivo

Se describe un método de determinación de alcalinidad en muestreo de aguas de abastecimiento público, aguas naturales, aguas de abastecimiento industrial, efluentes domésticos e industriales y aguas de mar.

Definiciones

Alcalinidad a la fenolftaleína.- Es la medida de hidróxidos y de carbonatos alcalinos de muestra, expresada en términos de carbonato de calcio.

Aparatos

- Pipetas volumétricas de varias capacidades.
- Buretas con soportes de 50 ml.
- Agitador magnético
- pH-metro.
- Probetas
- Beaker de 500 ml.

Procedimiento

- Llenar la bureta con la solución de ácido sulfúrico o clorhídrico titulante.
- Medir un volumen adecuado de muestra.
- Colocar la muestra de un beaker.
- Colocar el beaker sobre el agitador magnético.
- Introducir el electrodo del pH-metro de la solución problema.
- Medir el pH inicial de la muestra.
- Proceder a la titulación con la solución de ácido sulfúrico o clorhídrico hasta un pH final de 3,7.

Cálculos

Alcalinidad mg/1 CO₃Ca = A * N * 50000

Ml de muestra

Donde:

A: ml. de ácido estándar usado.

N: Normalidad del ácido estándar.

Expresión de los resultados:

Informar el pH del punto final usado como sigue:

Alcalinidad a pHmg/ L CO₃Ca

5.7.8 ACEITES Y GRASAS

Introducción

Los aceites y grasas pueden encontrarse en aguas naturales como resultados de la descomposición de plancton y de formas superiores de vida acuática o pueden ser partes de desechos industriales contaminantes.

El problema causado por las películas de aceites y grasas en la superficie de los colectores de líquidos está relacionado con la dificultad de oxigenación de las aguas.

El método usualmente empleado para determinación de aceites y grasas es el de extracción por solvente.

Objetivo

El presente método describe la determinación de aceites y grasas en colectores de muestras líquidas, en general, efluentes industriales, domésticos, lodos y aguas de mar.

El presente método se aplica para la determinación de aceites y grasas en concentraciones de 5 a 1.000 mg/ L.

Definición

Son todas las sustancias que un solvente empleado consigue extraer de una muestra acidificada que no se volatilizan durante la evaporación con solvente.

Aparatos

- Frascos de recolección de la muestra de vidrio de 1 litro.
- Balanza analítica con precisión de $\pm 0,0001$ g.
- Estufa a 103°C
- Baño María.
- Desecador.
- Condensador recto tipo pyrex.
- Embudo de separación.
- Aparato de extracción soxhlet.
- Bomba de vacío.
- Embudo Buchner.
- Manto calefactor eléctrico.
- Dedales de extracción.
- Discos de tela de muselina, 11 cm.
- Suspensión de sílice-diatomáceas; 10 g/l de destilada.
- Papel filtro Whatman · 40 de 11 cm.

Reactivos

- Acido clorhídrico 1: 1
- Hexano.

Procedimiento

Colectar 1 litro de muestra en una botella de boca ancha y marcar el nivel de muestra en la botella, para posterior determinación del volumen de la muestra.

Preparar un filtro colocando un disco de muselina con papel filtro sobre el embudo buchner.

Filtre la muestra acidificada aplicando vacío.

Aplicar vacío hasta que no pase más muestra a través del filtro.

Usando pinzas transfiera a un vidrio reloj el papel filtro.

Agregar el material adherido a los bordes del disco de muselina.

Limpiar los lados y el fondo del embudo con pedacitos de papel filtro empapado con solvente.

Enrollar todo el papel filtro depositando en el vidrio de reloj.

Acomodar el papel filtro dentro del dedal de extracción.

Secar el dedal de extracción con pequeñas perlas de vidrio.

Pesar el balón de extracción

Extraer el aceite y la grasa en un aparato soxhlet usando hexano como solvente.

Realizar la extracción por 4 horas a una velocidad de 20 ciclos / hr.

Destilar el solvente del balón de extracción, usando baño de agua a 70°C por 15 minutos.

Enfriar el balón de extracción en un desecador por 30 minutos.

Pesar el balón de extracción.

Cálculos

$$\text{mg/l de grasas y aceite} = (A - B) \times 1000 / \text{ml de muestra}$$

donde:

A: Peso del balón con residuo de aceite y grasa en mg.

B: Peso del balón inicial (tara). en mg.

5.7.9 TURBIEDAD

Introducción

La turbiedad se define como la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz se disperse y no se transmite a través de la suspensión. Las interacciones en las suspensiones naturales son complejas y el término "turbiedad" con frecuencia se utiliza en sentido cualitativo.

Para medir la turbiedad se puede utilizar dos métodos instrumentales. Puede medirse la intensidad del rayo de la luz transmitido y compararse con la intensidad del rayo de la luz incidente. Para suspensiones diluidas, la relación entre la intensidad de la luz transmitida y la concentración de partículas tiene la forma de la ley de Beer- Lambert, si no ocurren cambios en la naturaleza de la suspensión a medida que cambia la concentración de las partículas.

Procedimiento

Estandarizar el turbidímetro de dispersión luminosa y turbidímetro de transmisión utilizando diluciones de la solución patrón de formacina.

Medir la turbiedad (JTU) de la suspensión patrón de formacina utilizando el turbidímetro de bujía de Jackson.

Por dilución de la solución base de coalinita, preparar dos conjuntos de suspensiones de coalinita diluida (100 ml cada uno) con las siguientes concentraciones: 0, 15, 75, 150, 250 mg/l.

A cada dilución de un grupo de estas suspensiones agregar 5 ml de una solución base de té como parte del agua de dilución para obtener un color natural.

Mezclar perfectamente las suspensiones de coalinita para dispersarlas antes de hacer alguna determinación de turbiedad.

Medir la turbiedad de las suspensiones de coalinita para dispersarlas antes de hacer alguna determinación de turbiedad.

Medir la turbiedad de las suspensiones de coalinita con el turbidímetro de bujía Jackson, con un turbidímetro de transmisión a 400 nm.

Preparar suspensiones de 20, 50, 100, y 200 mg/l 8100 ml de cada una, a partir de Min-U-Sil 5 (diámetro de partículas 5 v) y de Min-U-Sil 15 (diámetro de partículas 15u) o suspensiones base similares.

Medir la turbiedad de cada una de estas suspensiones utilizando un instrumento de dispersión luminosa.

Aparatos.

- Turbidímetro de bujía de Jackson.
- Turbidímetro de dispersión luminosa como es el HACH modelo 2100 un espectrofotómetro Spectronic 20.
- Turbidímetro para medir luz transmitida, como el Heleige o espectrofotómetro Spectronic 20.
- Matraces volumétricos, pipetas y vasos de precipitados.

Reactivos

- Suspensiones estándar de formacina.
- Solución A: disolver 1000g de sulfato de hidracina en agua destilada y diluir 100 ml.
- Solución B: disolver 10g de hexametilentetramina en agua destilada y diluir 100 ml

Agregar 25 ml de solución A a 25 ml de solución B. Almacenar durante 24 horas a 25±3°C.

Diluir a 500 ml. Esta suspensión tiene una turbiedad de 400 NTU.

Preparar una serie de diluciones con valores de 200, 100, 50, 20 y 10 a partir de la suspensión con 400 NTU.

Suspensión base de coalinita: 500 mg/l.

Solución base de té: agregar 15 g de té instantáneo a agua destilada y diluir a 1 litro.

Suspensión de sílice: Min-U-Sil5 y Min-u-Sil15 Preparar una suspensión base de 1 g/l con cada una.

5.7.10 NITROGENO = NITROGENO TOTAL KJELDAHL

Introducción

En aguas naturales y residuales las formas de N de mayor interés en estado de oxidación decreciente son: Nitrato, Nitrito, Amonio y Nitrógeno Orgánico.

Análíticamente el nitrógeno Orgánico y el amoniacal puede determinarse juntos y se expresan como nitrógeno total o más correctamente nitrógeno Kjeldahl término que refleja la técnica usada en su determinación.

El método Kjeldahl determina nitrógeno en estado trinegativo.

Principio.- En presencia de ácido sulfúrico, sulfato de potasio y catalizador, sulfato mercúrico, el nitrógeno amonio de muchos materiales orgánicos se convierten en sulfato de amonio. Después que en la digestión el complejo amonio mercurio ha sido descompuesto por el Thiosulfato de sodio, el amonio se destila en un medio alcalino y se absorbe en ácido bórico.

El amonio se determina por titulación con ácido mineral estándar.

Aparatos

- Equipo de digestión: Los mejores resultados se obtienen con matraces Kjeldahl de 800 ml. de capacidad plancha calefactora.
- Aparato de destilación.

Reactivos

- Agua destilada excenta de amonio.
- Reactivo de digestión: SO₄ K₂ + Sulfato mercúrio en ácido sulfúrico concentrado.
- Solución indicadora de fenolftaleína.
- Reactivo hidróxido de sodio-thiosulfato de sodio.
- Solución buffer de borato.
- Hidróxido de Sodio 6 N.
- Solución indicadora de ácido bórico.
- Solución de ácido sulfúrico estándar 0.02 N.

Procedimiento

Selección del volumen de muestra: Determine el tamaño de muestra de acuerdo a la siguiente tabla:

NITROGENO ORGANICO ml	TAMAÑO DE MUESTRA mg/1
0 - 1	500
1 - 10	250
10 - 20	100
20 - 50	50
50 - 100	25

- Diluir la muestra a 300 ml.
- Neutralizar el pH a 7.
- Agregar cuidadosamente 50 ml de reactivo de digestión.
- Mezclar y calentar bajo la campana con equipo adecuado para humos de SO₃.
- Continuar la ebullición hasta que la solución se aclare.
- Digerir por 30 minutos adicionales.
- Enfriar el matraz y su contenido.
- Diluir a 300 ml. con agua excenta de amonio.
- Agregar 0.5 ml de solución indicadora de fenolftaleína.
- Mezclar completamente.
- Inclinar el matraz y agregar cuidadosamente 50 ml. de reactivo hidróxido de sodio-thiosulfato de sodio.
- Conectar el matraz al equipo de destilación y agitar.
- Si el color rojo de la solución desaparece agregue más reactivo de hidróxido thiosulfato.

- Destilar y recoger 200ml. de destilado bajo la superficie de 50 ml. de solución indicadora de ácido bórico.
- Titular el amonio del destilado con ácido sulfúrico 0.02 N hasta que el indicador vire a un color lavanda pálida.
- Llevar un blanco a través de todas las etapas del procedimiento y aplicar las correcciones necesarias a los resultados.

Cálculos

$$\text{mg/L N Total} = (D - E) \times 280$$

ml. muestras

Donde:

D = ml. de ácido sulfúrico gastados en titular la muestra.

E = ml. de ácido sulfúrico gastados en titular el blanco.

5.7.11 FOSFATO (FOSFORO)

Introducción

El fosfato se encuentra en aguas naturales y residuales en forma de varios tipos de fosfatos. En los sistemas de abastecimiento los polifosfatos pueden ser empleados como controladores en la corrosión, para estabilizar CO_3Ca . En las instalaciones industriales son empleados para controlar la formación de incrustaciones en calderas. Los ortofosfatos aplicados en la agricultura, como fertilizantes, llegan a las aguas superficiales arrastrados por lluvias. El fósforo es esencial para el crecimiento de organismos de aguas superficiales como por ejemplo, los microorganismos, plancton especialmente algas.

Definiciones

Fosfato total (filtrable y no filtrable): Es el conjunto de todas las porciones de fósforos en la muestra.

Fósforo total filtrable: Es la porción de fósforo total de la muestra que pasa por un filtro membrana de 0.45 (micras de porosidad).

Fósforo total filtrable: Es la porción de fósforo total de la muestra que queda retenida en un filtro membrana de 0.45 (micras de porosidad).

Ortofosfato total (filtrable y no filtrable): Es la porción de fósforo de la muestra que responde a examen con colorimétrico, luego de su oxidación o hidrólisis ácida previa.

Ortofosfato filtrable: Es la porción de ortofosfato total de la muestra que pasa por un filtro de membrana de 0,45 (micras).

Ortofosfato no filtrable: Es la porción de ortofosfato total de una muestra que queda retenida en un filtro de membrana de 0,45 (micras de porosidad).

Fosfato ácido-hidrolizado total (filtrable y no filtrable): Es la porción de fósforo de una muestra que por hidrólisis ácida se transforma en ortofosfato.

Fosfato ácido-hidrolizable: Es la porción de fosfato ácido-hidrolizado de la muestra que pasa por un filtro de 0,45 (micras de porosidad).

Fosfato ácido hidrolizable no filtrable: Es la porción de fosfato ácido-hidrolizable de la muestra que queda retenida en un filtro de membrana 0,45 (micras de porosidad).

Fosfato orgánico total(filtrable y no filtrable): Es la porción de fósforo de la muestra que se transforma en ortofosfato por destrucción oxidativa de la materia orgánica que al fósforo está ligado.

Fosfato orgánico filtrable : Es la porción de fosfato orgánico de la muestra que pasa por un filtro de membrana de 0,45 (micras de porosidad).

Fosfato orgánico no filtrable : Es la porción de fosfato orgánico de la muestra que queda retenida en un filtro de membrana de 0,45 micras.

Principios generales: Los procesos previos que se emplean para convertir fósforo en la forma de ser determinado en ortofosfato soluble puede ser:

Filtración preliminar: Consiste en filtrar una muestra por un filtro de membrana de 0,45(micras) para separar las formas filtrables del fósforo a las formas no filtrables.

Hidrólisis ácida preliminar: Consiste en hervir una muestra acidificada, filtrada o no durante 90 minutos para convertir fosfatos condensados en ortofosfatos solubles.

Digestión preliminar: Consiste en calentar una muestra en presencia de oxidante fuerte adecuado para convertir ortofosfatos solubles en fracciones de fosfatos orgánicos en suspensión o en combinación con materia orgánica a través de los enlaces C-P ó C-O-P destruyendo la materia orgánica presente. Se tiene tres métodos; el del ácido perclórico para lodos especialmente, el del ácido nítrico - ácido sulfúrico usado con menos frecuencia y el del persulfato el más simple y se emplea cuando la eficiencia de este método es comparada con los dos anteriores.

Interferencias

- Color y turbidez elevadas interfieren una determinación colorimétrica aunque se minimizan cuando se efectúa una prueba en blanco.
- Cromo hexavalente aumenta en 3% más los resultados cuando está presente en concentraciones del orden de 1 mg/ L y de 10-15 % más cuando la concentración está por encima de 10 mg/ L.
- Sulfatos no interfieren cuando su concentración está en 1 mg/ L.
- Silicatos no interfieren cuando está en concentraciones de 10 mg/ L.

Recolección de muestras.- Las muestras para la determinación de varias formas de fosfatos son recolectadas en frascos de vidrio lavados con ácido clorhídrico diluido, pero nunca lavados con detergentes.

Procedimiento preliminar: Digestión preliminar con persulfato.

- En un Erlenmeyer de 250 ml. colocar 100 ml. de muestra o una alícuota diluida a 100.
- Adicionar una gota de solución de fenolftaleína.
- Sí la solución se colorea, decolorarla con SO_2 gota a gota.
- Adicionar 1 ml de solución de persulfato de potasio.
- Hervir la muestra por 20 minutos en una placa precalentada, manteniendo un volumen de 25 a 50 cc. con agua destilada.
- Enfriar, adicionar una gota de solución de fenolftaleína.
- Neutralizar a débil color rosa con NaOH .
- Llevar a 100 ml con agua destilada.

Fósforo Total (filtrable y no filtrable)

Método colorimétrico del ácido vanadomolibdico-fosfórico.

Principio

Es una porción de ortofosfato diluída, el molibdato de amonio reacciona bajo condiciones ácidas para formar un ácido heterópolifosfórico, ácido molibdofosfórico. En presencia de vanadio es proporcional a la concentración de fosfato de la solución.

Aparatos

Equipo colorimétrico: Espectrofotómetro para usar a 400-490 nm.

Reactivos

- Solución indicadora de fenolftaleína.
- C1H concentrado.
- Carbón activado.
- Reactivo vanado-molibdato.

Procedimiento:

- Ajuste el pH de la muestra entre 4 y 10.
- Si la muestra es coloreada, eliminar el color con carbón activado.
- Colocar 35 ml de muestra en un matraz volumétrico.
- Agregar 10 ml de vanado- molibdato.
- Llevar a 50 ml con agua destilada.
- Preparar un blanco con 35 ml de agua destilada.
- Después de 10 minutos medir la transmitancia o absorbancia contra el blanco a 470 nm.
- Preparar una curva de calibración usando volúmenes adecuados de solución estándar de fosfatos y el procedimiento anterior.

Cálculos:

$$\text{mg/L P} = \frac{\text{mg de P} \times 1.000}{\text{ml de muestra.}}$$

CAPITULO VI

RESULTADOS OBTENIDOS

GENERALIDADES

A.- Caracterización inicial de las aguas residuales industriales de una planta farmacéutica . KRONOS

Todos los métodos de análisis utilizados corresponden al STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 19TH EDITION 1995 DE LA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF).

En la caracterización inicial se tomaron 3 muestras de diferentes puntos independientes de descargas, que son:

1. Descarga Agua de lavado (Antibióticos)
2. Descarga Agua de lavado (área de líquidos)
3. Descarga Agua de lavado (área de tabletas)

- ✓ En cada punto se tomaron muestras compuestas durante 8 horas de trabajo, por personal de Kronos Laboratorios.
- ✓ Se reunió en cada punto un total de 200L de agua residual para de allí tomar la muestra representativa.
- ✓ Se tomo como muestra representativa, de los 200Lts solo 1Lt.
- ✓ A cada muestra se realizó la caracterización de las aguas
- ✓ Se trato de medir el caudal en cada punto para así tener el dato del caudal
- ✓ Se tomo en situ pH y temperatura

CARACTERIZACIÓN : MUESTRA #: 1

Lugar de muestreo	:Laboratorios KRONOS CIA. LTDA
Punto de muestreo	:1.-Descarga Agua de lavado (Antibióticos)
Fecha	:2001-05-10
Tipo de muestra	:Compuesta
Hora de inicio de muestreo	:11h45 (2001-05-10)
Hora de término de muestreo	:21h32 (2001-05-10)
Muestreadores	:Personal de KRONOS CIA. LTDA.

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
Caudal *	m ³ /d	0 .7
Temperatura	^o C	25
Ph	U de pH	7
Color Aparente	Pt - Co	200
Color Verdadero	Pt - Co	0
Turbiedad	NTU	68
Sólidos Totales	mg/l	1,948
Sólidos totales fijos	mg/l	1,520
Sólidos totales volátiles	mg/l	428
Sólidos Disueltos	mg/l	1,248
Sólidos disueltos fijos	mg/l	1,000
Sólidos disueltos volátiles	mg/l	248
Sólidos Suspendidos	mg/l	700
Sólidos suspendidos fijos	mg/l	520
Sólidos susp. volátiles	mg/l	280
Sólidos Sedimentables	mg/l	1 .5
D.Q.O.	mg/l	2309 .27
D.B.O ₅	mg/l	1,008
O. D.	mg/l	4 .5
Aceites y Grasas	mg/l	6 .1
Sulfatos	mg/l	43
Fosfato	mg/l	5
Detergentes	mg/l	0. 140
Cobre	mg/l	0. 02
Plomo	mg/l	0. 020
Cromo	mg/l	0
Cadmio	mg/l	0. 003
Zinc	mg/l	0. 85
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	Negativo
Coliformes fecales	NMP/ 100 ml	Negativo
Contaje total en placas	UFC/ ml	3x10 ⁷

*Caudal acumulado durante las horas de producción.

MEDICION DE : CAUDAL: MUESTRA #: 1

# MEDICIONES	HORA (h/min)		TIEMPO DE LLENADO	LLENADO	CAUDAL Q
	inicio	final	Min.	Lts.	Lts./seg.
1	11h45	11h48	3	8.5	0.050
2	14h19	14h20	1	1.7	0.030
3	14h27	14h28	1	1.3	0.020
4	15h11	15h15	4	7.8	0.030
5	15h17	15h19	2	5	0.040
6	16h03	16h07	4	2	0.010
7	16h21	16h22	1	3.6	0.060
8	16h46	16h48	2	2.5	0.020
9	17h23	17h25	2	3	0, 025
10	17h51	17h53	2	2	0, 017
11	18h07	18h10	3	4	0.020
12	18h11	18h14	3	4	0.020
13	18h24	18h27	3	2	0, 011
14	18h37	18h40	3	3	0, 017
15	18h47	18h49	2	5.4	0, 045
16	18h54	18h57	3	20	0, 111
17	19h00	19h02	2	2.5	0, 021
18	19h14	19h18	5	20	0, 067
19	19h23	19h27	4	8.3	0, 035
20	19h32	19h36	4	5.4	0, 023
21	20h00	20h03	3	2	0, 011
22	20h09	20h12	3	3	0, 017
23	20h16	20h19	3	3	0, 017
24	20h35	20h38	3	20	0, 111
25	20h40	20h42	2	20	0, 167
26	20h43	20h45	2	20	0, 167
27	20h47	20h49	5	2	0, 007
28	20h54	20h55	1	20	0, 333
29	20h56	20h58	2	20	0, 167
30	20h59	21h05	6	20	0, 056
31	21h05	21h10	5	20	0, 067
32	21h12	21h15	2	20	0, 177
33	21h15	21h17	3	20	0, 111
34	21h17	21h20	2	20	0, 177
35	21h20	21h22	3	20	0, 111

CAUDAL MINIMO	0,007
CAUDAL PROMEDIO	0,060
CAUDAL MEDIANA	0,044
CAUDAL MAXIMO	0,197

MEDICION DE: TEMPERATURA Y p.H. : MUESTRA #: 1

# MEDICIONES	HORA (h/min.)		TEMPERATURA MUESTRA °C	POTENCIAL DE H (U de Ph)
	inicio	Final		
1	11h45	11h48	25	7
2	14h19	14h20	26	7
3	14h27	14h28	25	7
4	15h11	15h15	25	7
5	15h17	15h19	25	7
6	16h03	16h07	25	7
7	16h21	16h22	25	7
8	16h46	16h48	25	7
9	17h23	17h25	25	7
10	17h51	17h53	25	7
11	18h07	18h10	25	7
12	18h11	18h14	24	7
13	18h24	18h27	25	7
14	18h37	18h40	25	7
15	18h47	18h49	25	7
16	18h54	18h57	25	7
17	19h00	19h02	25	7
18	19h14	19h18	23	7
19	19h23	19h27	25	7
20	19h32	19h36	25	7
21	20h00	20h03	25	7
22	20h09	20h12	25	7
23	20h16	20h19	25	7
24	20h35	20h38	25	7
25	20h40	20h42	25	7
26	20h43	20h45	25	7
27	20h47	20h49	25	7
28	20h54	20h55	25	7
29	20h56	20h58	25	7
30	20h59	21h05	25	7
31	21h05	21h10	25	7
32	21h10	21h12	25	7
33	21h12	21h15	25	7
34	21h15	21h17	25	7
35	21h17	21h20	25	7
36	21h20	21h22	25	7

VALOR MINIMO	23	7
VALOR PROMEDIO	24,333	7
VALOR MEDIANA	25	7
VALOR MAXIMO	25	7

CARACTERIZACIÓN : MUESTRA #: 2

Lugar de muestreo	:Laboratorios KRONOS CIA. LTDA
Punto de muestreo	:2.-Descarga Agua de lavado (área de líquidos)
Fecha	:2001-05-23
Tipo de muestra	:Compuesta
Hora de inicio de muestreo	:09h25 (2001-05-23)
Hora de término de muestreo	:21h29 (2001-05-23)
Muestreadores	:Personal de KRONOS CIA. LTDA.

PARÁMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN 1
Caudal *	m ³ /d	3. 24
Temperatura	°C	26
Ph	U de pH	6
Color Aparente	Pt - Co	400
Color Verdadero	Pt - Co	30
Turbiedad	NTU	90
Sólidos Totales	mg/l	2,044
Sólidos totales fijos	mg/l	1,600
Sólidos totales volátiles	mg/l	444
Sólidos Disueltos	mg/l	740
Sólidos disueltos fijos	mg/l	672
Sólidos disueltos volátiles	mg/l	68
Sólidos Suspendidos	mg/l	1,304
Sólidos suspendidos fijos	mg/l	928
Sólidos susp. volátiles	mg/l	376
Sólidos Sedimentables	mg/l	4
D.Q.O.	mg/l	2040 .81
D.B.O ₅	mg/l	1,422
O.D.	mg/l	4.0
Aceites y Grasas	mg/l	187. 45
Sulfatos	mg/l	22
Fosfato	mg/l	0
Detergentes	mg/l	0. 148
Cobre	mg/l	0. 01
Plomo	mg/l	0. 0125
Cromo	mg/l	0
Cadmio	mg/l	0
Zinc	mg/l	0. 40
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	9,2x10 ⁴
Coliformes fecales	NMP/ 100 ml	Negativo
Contaje total en placas	UFC/ml	10 ⁶

*Caudal acumulado durante las horas de producción.

MEDICION DE : CAUDAL: MUESTRA #: 2

# MEDICIONES	HORA (h/min)		TIEMPO DE LLENADO	LLENADO	CAUDAL Q
	inicio	final	min.	Lts.	Lts./seg.
1	09h25	09h55	30	120	0,067
2	10h00	10h05	5	120	0,400
3	10h10	10h40	30	120	0,067
4	10h43	10h47	4	120	0,500
5	10h50	11h05	15	120	0,133
6	11h08	11h14	6	120	0,133
7	11h16	11h35	19	120	0,105
8	11h40	12h08	28	120	0,071
9	12h15	14h00	45	120	0,044
10	14h03	14h33	33	120	0,061
11	14h36	14h50	14	120	0,143
12	14h55	15h10	15	120	0.130
13	15h13	15h30	17	120	0,117
14	15h35	16h15	40	120	0,050
15	16h24	16h36	12	120	0,167
16	16h39	16h58	19	120	0,105
17	17h06	17h52	46	120	0,043
18	17h55	18h11	16	120	0,125
19	18h13	18h19	6	120	0,333
20	18h23	18h30	7	120	0,286
21	18h33	18h37	4	120	0,500
22	18h40	18h43	3	120	0,667
23	18h46	18h55	9	120	0,222
24	18h57	19h15	18	120	0,111
25	19h19	19h51	32	120	0,063
26	19h53	20h51	16	120	0,125
27	21h05	21h29	24	120	0,083

CAUDAL MINIMO	0,044
CAUDAL PROMEDIO	0,196
CAUDAL MEDIANA	0,118
CAUDAL MÁXIMO	0,590

MEDICION DE: TEMPERATURA Y p.H. : MUESTRA #: 2

# DE MEDICIONE	HORA (h/min.)		TEMPERATURA MUESTRA °C	POTENCIAL DE H (U de Ph)
	inicio	Final		
1	09h25	09h55	26	6
2	10h00	10h05	26	6
3	10h10	10h40	25	6
4	10h43	10h47	26	6
5	10h50	11h05	26	6
6	11h08	11h14	26	6
7	11h16	11h35	25	6
8	11h40	12h08	26	6
9	12h15	14h00	26	6
10	14h03	14h33	24	6
11	14h36	14h50	26	6
12	14h55	15h10	25	7
13	15h13	15h30	26	6
14	15h35	16h15	26	6
15	16h24	16h36	26	6
16	16h39	16h58	26	6
17	17h06	17h52	26	6
18	17h55	18h11	26	6
19	18h13	18h19	26	6
20	18h23	18h30	26	6
21	18h33	18h37	26	6
22	18h40	18h43	26	6
23	18h46	18h55	26	6
24	18h57	19h15	26	6
25	19h19	19h51	26	6
26	19h53	20h51	26	6
27	21h05	21h29	26	6

VALOR MINIMO	24	6
VALOR PROMEDIO	25, 666	6, 333
VALOR MEDIANA	26	6
VALOR MAXIMO	26	7

CARACTERIZACIÓN : MUESTRA #: 3

Lugar de muestreo	:Laboratorios KRONOS CIA. LTDA
Punto de muestreo	:3.-Descarga Agua de lavado (área de tabletas)
Fecha	:2001-06-12
Tipo de muestra	:Compuesta
Hora de inicio de muestreo	:09h25 (2001-06-12)
Hora de término de muestreo	:21h25 (2001-06-12)
Muestreadores	:Personal de KRONOS CIA. LTDA.

PARÁMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN 1
Caudal *	m ³ /d	1. 54
Temperatura	⁰ C	25
Ph	U de pH	65
Color Aparente	Pt - Co	800
Color Verdadero	Pt - Co	300
Turbiedad	NTU	180
Sólidos Totales	mg/l	7,136
Sólidos totales fijos	mg/l	6,820
Sólidos totales volátiles	mg/l	316
Sólidos Disueltos	mg/l	5,884
Sólidos disueltos fijos	mg/l	5,736
Sólidos disueltos volátiles	mg/l	148
Sólidos Suspendidos	mg/l	1,252
Sólidos suspendidos fijos	mg/l	1,084
Sólidos susp. volátiles	mg/l	168
Sólidos Sedimentables	mg/l	0. 5
D.Q.O.	mg/l	7113 .4
D.B.O ₅	mg/l	2,790
O. D.	mg/l	5. 5
Aceites y Grasas	mg/l	4. 1
Sulfatos	mg/l	45
Fosfato	mg/l	11
Detergentes	mg/l	0. 45
Cobre	mg/l	40
Plomo	mg/l	10
Cromo	mg/l	0
Cadmio	mg/l	0
Zinc	mg/l	0
Coliformes Totales	NMP / 100 ml	920
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	Negativo
Contaje total en placas	UFC / ml	10 ⁴

*Caudal acumulado durante las horas de producción.

MEDICION DE : CAUDAL: MUESTRA #: 3

# MEDICIONES	HORA (h/min.)		TIEMPO DE LLENADO Min.	LLENADO Lts.	CAUDAL Q Lts / seg.
	inicio	final			
1	08h52	09h48	60	70	0,0194
2	09h48	10h46	58	70	0,020
3	10h46	11h28	42	70	0,028
4	11h28	11h54	26	70	0,045
5	11h54	13h20	14,4	70	0,008
6	13h20	14h57	13,7	70	0,009
7	14h57	16h14	16,6	70	0,009
8	16h14	17h17	30	70	0,019
9	17h17	17h38	21	70	0,056
10	17h38	17h53	15	70	0,078
11	17h53	18h03	10	70	0,117
12	18h03	18h35	32	70	0,036
13	18h35	18h48	13	70	0,090
14	18h48	19h00	12	70	0,097
15	19h00	19h12	12	70	0,097
16	19h12	19h21	9	70	0,130
17	19h21	19h39	18	70	0,065
18	19h39	19h57	18	70	0,065
19	19h57	20h16	19	70	0,061
20	20h16	20h47	31	70	0,037
21	20h47	21h14	27	70	0,043
22	21h14	21h25	11	70	0,106

CAUDAL MINIMO	0,023
CAUDAL PROMEDIO	0,060
CAUDAL MEDIANA	0,049
CAUDAL MÁXIMO	0,122

MEDICION DE: TEMPERATURA Y p.H. : MUESTRA #: 3

# MEDICIONES	HORA (h/min.)		TEMPERATURA MUESTRA °C	POTENCIAL DE H (U de Ph)
	inicio	Final		
1	08h52	09h48	24	6.5
2	09h48	10h46	25	6.5
3	10h46	11h28	25	6.5
4	11h28	11h54	25	5
5	11h54	13h20	25	5
6	13h20	14h57	25	5.5
7	14h57	16h14	25	6
8	16h14	17h17	25	6.5
9	17h17	17h38	24	6.5
10	17h38	17h53	24	6
11	17h53	18h03	25	6.5
12	18h03	18h35	25	6
13	18h35	18h48	26	6.5
14	18h48	19h00	25	6.5
15	19h00	19h12	24	7
16	19h12	19h21	24	6.5
17	19h21	19h39	23	6.5
18	19h39	19h57	23	6.5
19	19h57	20h16	25	6.5
20	20h16	20h47	24	6.5
21	20h47	21h14	24	6.5
22	21h14	21h25	24	7

VALOR MINIMO	23	5,75
VALOR PROMEDIO	24.5	6,366
VALOR MEDIANA	24,5	6,5
VALOR MAXIMO	26	7

B.- Antes de ingresar a la cámara de homogenización

Punto de muestreo :Caja de revisión inicial
Fecha de muestreo :2004-08-30
Hora de muestreo :09h00 a.m.
Tipo de muestra :Puntual
Cantidad de muestras : dos
Fecha de reporte :2004-09-06
Realizado por : Personal del Laboratorio de SGS del Ecuador

PARÁMETROS	MUESTRAS		PROMEDIO	Límites de descarga al sistema de Alcantarillado público de la Legislación Ambiental, Enero 2004
	#:1	#2		
CAUDAL (m ³ /L)	0.83	0.79	0.81	
p.H.	7.2	7.2	7.2	5 - 9 *
TEMPERATURA °C	27.5	27.5	27.5	< 40 °C
MATERIA FLOTANTE	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L)	940	952	946	----
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS (mg/L)	390	380	385	Max. 220
DQO (mg/L)	582	560	571	Max. 500
DBO ₅ (mg/L)	385	399	392	Max 250

C.- Después de pasar por filtro anaeróbico

Punto de muestreo :Caja de revisión final
Fecha de muestreo :2004-08-30
Hora de muestreo :18h00 p.m.
Tipo de muestra :Puntual
Cantidad de muestras : dos
Fecha de reporte :2004-09-06
Realizado por : Personal del Laboratorio de SGS del Ecuador

PARÁMETROS	MUESTRAS		PROMEDIO	Límites de descarga al sistema de Alcantarillado público de la Legislación Ambiental, Enero 2004
	#:1	#2		
CAUDAL (m ³ /L)	0.83	0.79	0.81	
PH	7	7	7	5 - 9 *
TEMPERATURA °C	26.8	26.5	26.65	< 40 °C
MATERIA FLOTANTE	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L)	850	890	870	----
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS (mg/L)	174	194	184	Max. 220
DQO (mg/L)	405	355	380	Max. 500
DBO ₅ (mg/L)	205	175	190	Max 250

* límite de descarga a un cuerpo de agua dulce

CAPITULO VII

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla de los resultados obtenidos de las diferentes muestras:

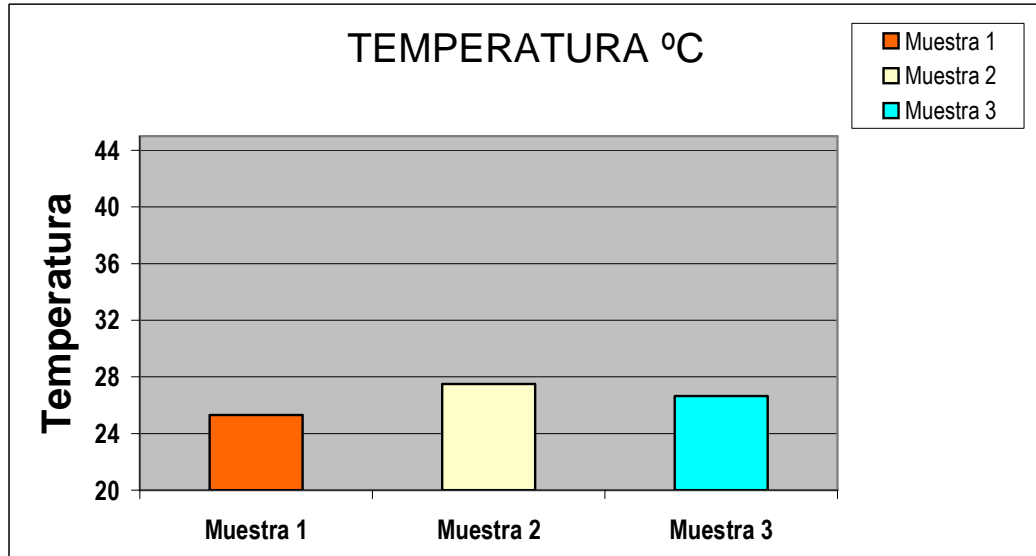
Muestra #:1 Promedio de los resultados de la caracterización inicial de las aguas residuales de la planta farmacéutica.

Muestra #:2 Promedio de los resultados obtenidos de los análisis realizados a las aguas residuales antes de ingresar al tratamiento

Muestra #:3 Promedio de los resultados obtenidos de los análisis realizados a las aguas residuales después de pasarlas por el tratamiento.

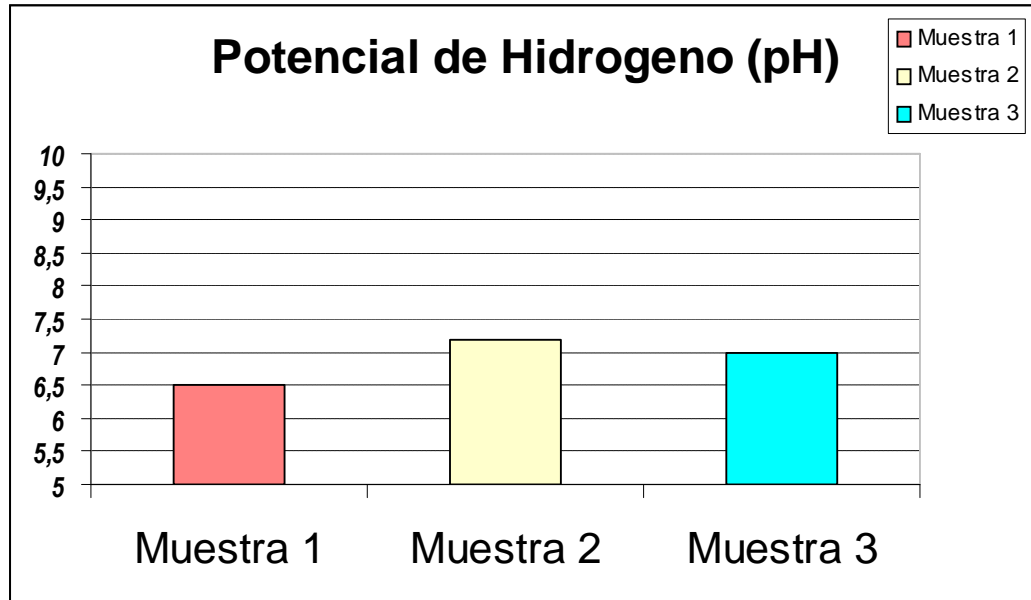
PARÁMETROS	MUESTRA 1 Promedio de caracterización	MUESTRA 2 antes	MUESTRA 3 Después
CAUDAL (m³/L)	1.83	1.81	1.81
p.H.	6.5	7.2	7
TEMPERATURA °C	25.33	27.5	26.65
MATERIA FLOTANTE	Ausencia	Ausencia	Ausencia
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L)	2624	946	870
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS (mg/L)	1085.30	385	184
DQO (mg/L)	3821.16	571	380
DBO₅ (mg/L)	1740	392	190

TEMPERATURA °C



El parámetro TEMPERATURA cuyo aumento provoca la disminución en la capacidad del agua para retener oxígeno al mismo tiempo que aumenta la actividad fisiológica de los organismos acuáticos produciendo la asfixia de los mismos, siendo este el efecto más nocivo de la contaminación térmica, las tres muestras analizadas se encuentra dentro de los límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público de la Legislación Ambiental, publicada en Enero del 2004 cuyo valor indica que se pueden descargar aguas residuales al alcantarillado público con temperatura **menores de 40°C**.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH

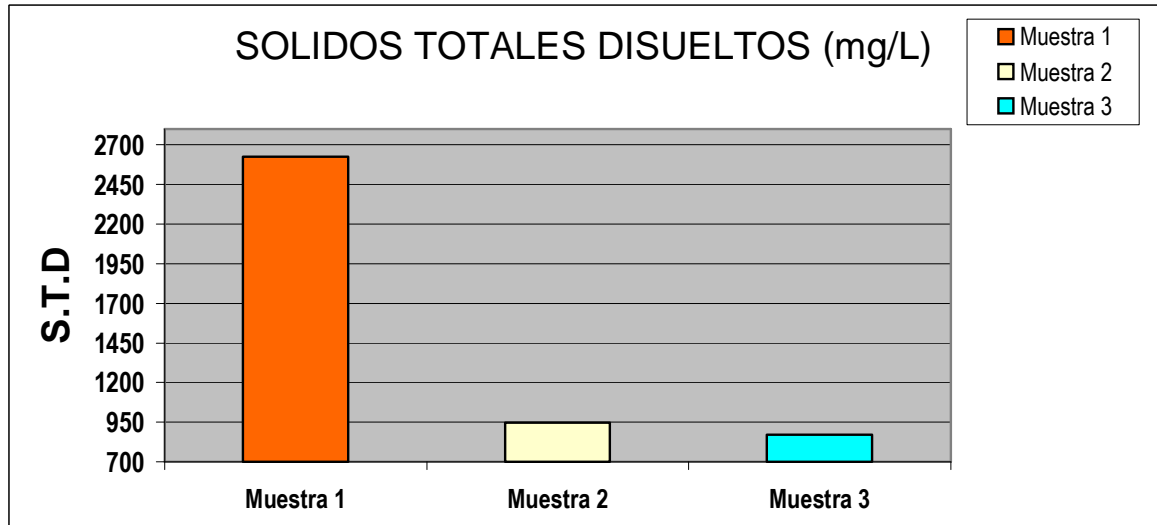


El parámetro POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), cuando este presenta grandes variaciones en el medio causadas por ejemplo por el lanzamiento de aguas residuales fuertemente ácidas puede afectar la flora y fauna de una masa de agua. Este fenómeno ha sido estudiado especialmente en lo que se refiere a la mortalidad de peces, pudiéndose concluir que son pocas las especies que soportan pH de 4 y la mayoría no soportan pH inferior a 5.

Respecto a los álcalis, pocos peces soportan pH superior a 9 quedando entonces como condiciones favorables los **límites de 5 a 9**; como lo indican los límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público de la Legislación Ambiental, publicada en Enero del 2004.

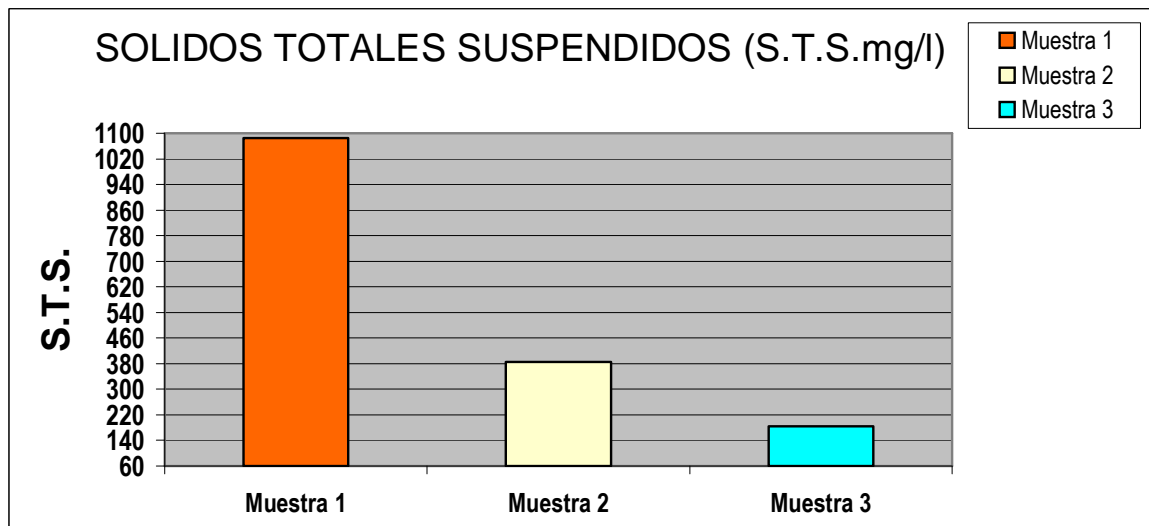
Según los resultados obtenidos de las tres muestras nos damos cuenta que las aguas residuales industriales generadas por la empresa farmacéutica están dentro de los rangos establecidos.

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (S.T.D.) (mg/L)



El parámetro SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (S.T.D.) nos indica el contenido en mg/L de todos los sólidos disueltos en el agua residual y cuyo valor no está establecido en los límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público de la Legislación Ambiental, publicada en Enero del 2004; notamos que estos valores han disminuido después de que el agua residual ha sido tratada por el tratamiento propuesto.

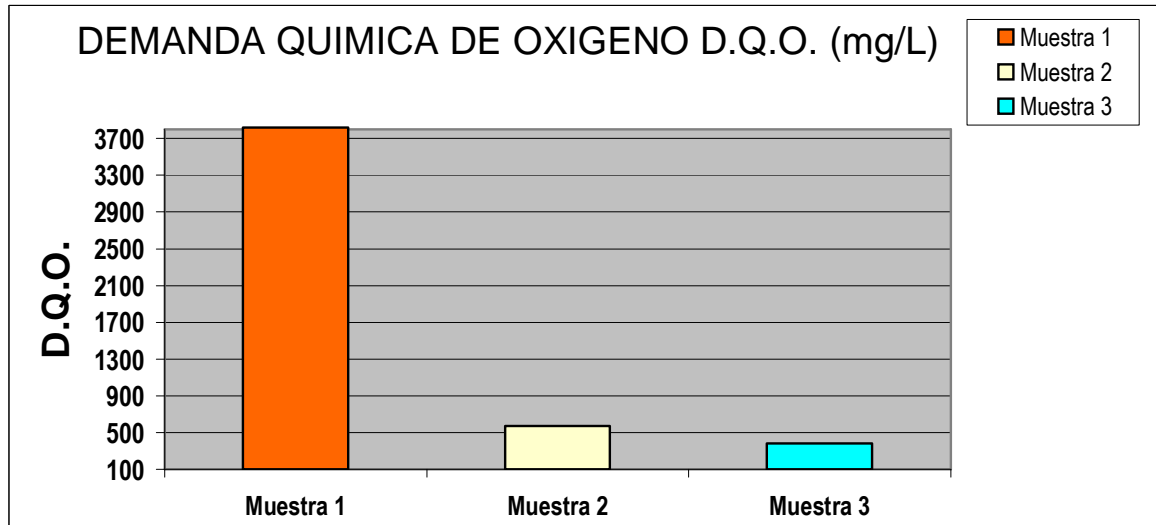
SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS (S.T.S.) (mg/L)



El parámetro SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS (S.T.S.) cuyo valor según el Reglamento a los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público de la Legislación Ambiental, publicada en Enero del 2004. es **máx. 220 mg/L**. En el presente trabajo notamos que inicialmente este valor es alto por que fue tomado de puntos de descargas individuales ; pero que cuando se unificaron todas las aguas residuales este valor bajo considerablemente aunque no se puede considerar esta operación un método de tratamiento a las aguas residuales por lo que se las trato por medio de la planta de tratamiento en escala, dando resultados satisfactorios.

El resultado obtenido esta dentro de los límites establecidos cuyo valor es 184mg/L.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (D.Q.O.) (mg/L)



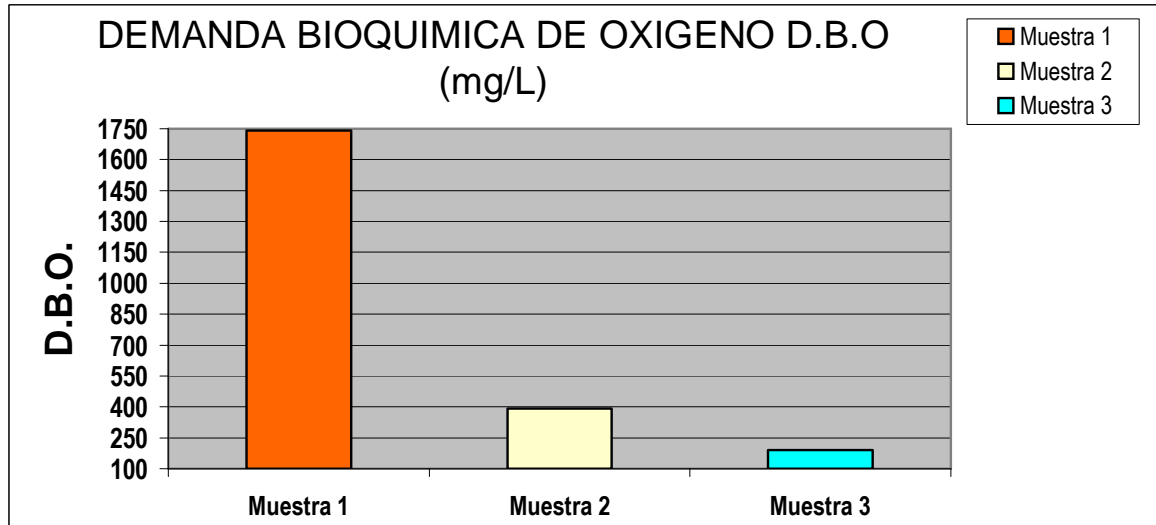
El parámetro DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (D.Q.O mg/L) es una medida del oxígeno que equivale a aquella porción de la materia orgánica de una muestra que es susceptible de oxidación mediante un agente oxidante fuerte.

Cuyo valor según el Reglamento a los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público de la Legislación Ambiental, publicada en Enero del 2004. es **máx. 500 mg/L.**

En el presente trabajo notamos que inicialmente este valor es alto por que fue tomado de puntos de descargas individuales ; pero que cuando se unificaron todas las aguas residuales este valor bajo considerablemente aunque no se puede considerar esta operación un método de tratamiento a las aguas residuales por lo que se las trato por planta de tratamiento en escala, dando resultados satisfactorios con un valor de 380mg/L.

El resultado obtenido esta dentro de los límites establecidos.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO₅ (D.B.O₅) (mg/L)



El parámetro DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO₅ (D.B.O.₅ mg/L) es la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos presentes en una muestra determinada, en un tiempo de incubación y en un volumen dado a una temperatura de 20 +/- 1°C . Los microorganismos aerobios son los que más consumen oxígeno y lo transforman en CO₂, otros lo hacen en menor proporción y se aprovechan del CO₂ para sus funciones vitales como lo hacen los anaerobios.

El valor según el Reglamento a los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público de la Legislación Ambiental, publicada en Enero del 2004. es **máx. 250 mg/L.**

En el presente trabajo notamos que inicialmente este valor es alto por que fue tomado de puntos de descargas individuales mediante muestras compuestas durante 8 horas; pero que cuando se unificaron todas las aguas residuales este valor bajo considerablemente aunque no se puede considerar esta operación un método de tratamiento a las aguas residuales por lo que se las trato por medio de la planta de tratamiento en escala, dando resultados satisfactorios con un valor de 190mg/L.

El resultado obtenido esta dentro de los límites establecidos.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

Después de realizar este estudio en las aguas residuales de una Planta Farmacéutica puedo concluir lo siguiente:

- Estas aguas no necesitan un tratamiento complejo, es por esta razón se concluye en la propuesta de un tratamiento anaeróbico por considerarlo de fácil instalación y bajo costo de mantenimiento.
- La oxidación o digestión anaeróbica tiene gran aplicación en el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica, debido a que por vía aeróbica demanda un alto consumo de oxígeno, encareciendo el tratamiento por el alto consumo de energía.
- Los métodos tradicionales de tratamientos anaeróbicos, necesitan agitación-mezcla, control de registro de pH, energía calorífica para mantener el medio a 35°C, tiempo de residencia hidráulica mayores de 20 días, mayor volumen del reactor, etc. Lo cual exige mayores recursos materiales y humanos para la construcción, operación y mantenimiento de la unidad.
- El tratamiento propuesto opera en condiciones de presión y temperaturas ambiente, no exige un control de las características físico-químicas del agua residual, además, requiere tiempo de residencia hidráulica de horas y no de días, como los reactores convencionales, con lo que se consigue menor tamaño de las unidades.
- Los filtros anaeróbicos empacados, son de construcción relativamente sencilla, pudiendo ser de hormigón armado o de metal con relleno de cualquier material inerte que ofrezca una gran superficie de contacto (piedra picada, anillos plásticos, piedra pómez), etc).
- Los resultados de las muestras analizadas inicialmente (en puntos independientes) reflejan que el grado de contaminación es un poco alto en cuanto a dos parámetros : DBO (es la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos presentes en una muestra determinada, en un tiempo de incubación y en un volumen dado a una temperatura de 20 +/- 1°C .), y DQO (es una medida del oxígeno que equivale a aquella porción de la materia orgánica de una muestra que es susceptible de oxidación mediante un agente oxidante fuerte);, estando fuera de los límites permisibles a la descarga en el alcantarillado público.
- Los valores de Metales Pesados están por debajo de los valores permisibles en las descargas de aguas residuales, inclusive en los valores de cromo y plomo el valor es cero.

RECOMENDACIONES

Construir una planta de tratamiento de las aguas residuales formando lechos anaeróbicos empacados, como el que se presenta en diseño de la maqueta; que involucra tres fases: estación de bombeo, tanque de homogenización o neutralización, filtro anaeróbico y un sistema de remoción de lodos. Por ser el sistema de bajo costo de construcción, operación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Azevedo Netto , J.M. Y Hess, M.L.- ò Tratamiento De Aguas Residuariasö, Ed. Revista Dae. Sao Paulo , Brasil, 1970.
2. Campos J. R. Díaz H.G. ,Potencialidades Del Filtro Anaeróbico. Revista Dae, Vo 49, Nº 154 Jan. /Mar./89,, Pp 32
3. Diego Azqueta Oyarzum. Valoración De La Calidad Ambiental. S.A. (Impresa). 18, 101, 197. 1994
4. Jaeger,C. Engineering Fluid Mechanics,Blackie, London, 1956.
5. L. Germain L. Colas J. Rouquet. Tratamiento De Las Aguas. Ediciones Omega. 125, 136
6. L. Michael Szendrey., Anaerobic Treatment Of Fermentation Wastewaters, Bacardi Corp., San Juan Perto Rico, Noviembre 1984
7. Mcadams, W.H. : Heat Transmition, 2d. Ed., Mcgraw-Hill, New York, 1954
8. Metcalf. Hedí, Tratamiento Y Depuración Delas Aguas Residuales. Mayo 1977. Editorial Labor S.A., Pp.330
9. Raúl Guerrero Torres, Ing. Qco. Manual De Tratamiento De Aguas, Editorial Limusa. 53, 86, 92, 123, 126, 127, 128. 1987
10. Rueil-Malmaison. Manual Técnico Del Agua. Degremont, Cuarta Edición: 94, 387, 388, 635, 1040. 1997.
11. Rushton, J.H. Mixing Of Liquids In Chemical Processing, Industrialand Engineering Chemistry, Vol. 44 Nº 12 1952.

12. Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater, 19th Edition 1995
De La American Public Health Associaton (Apha), American Water Works
Association (Awwa), Water Environmet Federation (Wef).
13. Tamiya, H., õMaterial And Energy Balances Of Siological Synthesisö, Actualities
Scientifiques Et Industrielles, Expose De Biología (1935), P. 214
14. Tomas De Galiana Mingot. Diccionario Científico. Larousee Tomo 1 Y 2. 1983
15. Young, J. C. ; And Mc-Carty, P.L. ; The Anaerobic Filter For Waste Treatment,
Wpcf. Journal, Vol. 41, N° 5, 1969.

PUBLICACIONES PROPORCIONADAS POR INTERNET

16. Normas actuales sobre residuos industriales líquidos (RILES), Legislación Chilena
www.negocioambientales.cl/legislacion/contenido.htm

REFERENCIAS ESPECIFICAS

17. Legislación Ambiental del Ecuador