



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1985

DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL. PRESENTA

MOISES ARNALDO LOPEZ MARTINEZ



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-237

Señor MOISES ARNALDO LOPEZ MARTINEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Jorge L. Lara González, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES"

- I. Introducción.
- II. Métodos de disposición.
- III. Selección del método apropiado.
- IV. Optimización del tratamiento.
- V. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 4 de septiembre de 1985
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVIZ

A MI PADRE .MOISES LOPEZ BAZAN
AGRADECIENDO SUS CONSEJOS Y SU APOYO
POR DARME LA CARRERA QUE NUNCA TUVO .

A MI MADRE AMPARO MARTINEZ GUZMAN
CON TODO MI AMOR

A MIS HERMANOS
ALEJANDRO Y FERNANDO

UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL
A MI MAESTRO Y DIRECTOR DE
TESIS .

JORGE LARA GONZALES.

POR SU PACIENCIA Y GRAN

APOYO A LO LARGO DE LA CARRERA.

AL EQUIPO DE TAE KWON DO
DE LA U.N.A.M. QUE ES
PARTE DE MI FORMACIÓN -
Y SOY PARTE DE EL.

INTRODUCCION

| | |
|----------------------------|---|
| 1.0 Autodepuración | 2 |
| 1.1 Zona de degradación | 3 |
| 1.2 Zona de descomposición | 4 |
| 1.3 Zona de recuperación | 4 |
| 1.4 Zona de agua limpia | 5 |

CAPITULO II

| | |
|--------------------------------|----|
| Métodos de disposición | 6 |
| 2.1.1 Arroyos y ríos | 7 |
| 2.1.2 Lagos y lagunas | 9 |
| 2.1.3 Mar | 11 |
| 2.2 Disposición superficial | 12 |
| 2.3 Disposición subsuperficial | 13 |

CAPITULO III

| | |
|---|----|
| Selección de método apropiado | 15 |
| 3.1 Usos del agua | 15 |
| 3.2 Tratamiento preliminar | 16 |
| 3.3 Tratamiento primario | 17 |
| 3.4 Tratamiento secundario | 18 |
| 3.5 Cloración | 19 |
| 3.6 Tratamiento de los lodos | 19 |
| 3.7 Tratamientos específicos | 20 |
| 3.7.1 Eliminación de hierro y manganeso | 20 |
| 3.7.2 Ablandamiento de aguas residuales | 20 |
| 3.7.3 Control de olores | 21 |

C A P I T U L O I V

Optimización del tratamiento

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Función del oxígeno disuelto (OD) | 23 |
| 4.2 | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | 23 |
| 4.3 | Proceso de optimización | 24 |
| 4.3.1 | Determinación del nivel de tratamiento de una sola descarga | 24 |
| 4.3.2 | Determinación de la secuencia óptima del nivel de tratamiento para un sistema de descargas | 26 |
| 4.3.3 | Solución del ejemplo | 28 |

C A P I T U L O V

| | |
|--------------|----|
| Conclusiones | 33 |
| Bibliografía | 35 |

I N T R O D U C C I O N .

1. ANTECEDENTES.

Las aguas residuales son las aguas que han sido utilizadas o degradadas por una población. Resultan de la combinación de los líquidos de desecho procedentes de las casas habitación, edificios comerciales y las infiltraciones de las aguas -- subterráneas, superficiales o de precipitación .

Existen indicios de que los antiguos egipcios, babilonios, --- asirios y fenicios utilizaban conductos para alejar las aguas residuales de sus viviendas.

La primera red de alcantarillado de la cual se tiene conoci - miento fue la de Roma, 600 años A.C. Esta red estaba integra da por varios ramales, que colectaban y conducían las aguas residuales hasta verterlas al Río Tiber.

Desde la época de los romanos hasta llegar al siglo XIX los - progresos de esta rama, especialmente lo referente a la dispo sición y tratamiento de las aguas residuales, fue escaso.

La necesidad de disponer de las aguas negras aumentó debido al uso que se les dió .

En la composición de las aguas negras figuran los sólidos or - gánicos disueltos y suspendidos, los cuales son putrecibles y por lo tanto degradables.

Así mismo, las aguas negras contienen un número incalculable de micro-organismos vivos como bacterias cuyas actividades--

vitales son la causa del proceso de descomposición.

2.

Con el desarrollo de los sistemas de suministro de agua potable a las poblaciones y el uso del agua para evacuar o transportar los desechos, se hizo necesario encontrar métodos para disponer de las aguas residuales, de los cuales se mencionan tres: irrigación o disposición superficial, disposición subsuperficial y dilución.

Antiguamente las aguas negras podían evacuarse con un tratamiento previo, dependiendo de la potencialidad ofensiva del agua y de la capacidad del terreno que las recibe, pero a medida que fue creciendo la población aumentó el volumen de aguas negras y desechos orgánicos y resultó que los métodos de disposición no eran satisfactorios y se hizo imperativo emplear métodos de tratamiento sofisticados antes de la disposición final de las aguas negras.

I.1 AUTODEPURACION

Al descargar a las aguas negras es un volumen de agua, ya sea un río, laguna, lago, mar o corriente subterránea, se produce una contaminación al agua receptora y por medio de la degradación y descomposición el agua contaminada nuevamente volverá a un estado similar al original, a esto se le denomina proceso de autodepuración.

La velocidad de este proceso depende de la naturaleza y cantidad del material contaminante, así como de las reacciones físicas, químicas y biológicas que se presenten, en el agua.

Las reacciones físicas son, la sedimentación de los sólidos suspendidos, la reacreación, la clarificación y otros elementos.

Las reacciones químicas y biológicas se desarrollan en forma compleja, por ejemplo; los organismos vivos se alimentan de la materia orgánica, produciendo desechos que sirven de alimento a otros micro-organismos que continúan el proceso hasta reducir a la materia orgánica en sales inorgánicas como nitratos, sulfatos y fosfatos, mismos que sirven de alimento a otras formas biológicas como las algas y que durante su desarrollo producen oxígeno que se disuelve en el agua, agregándose al oxígeno producto de la reaereación.

Toda esta serie de reacciones provocan que el agua obtenga una condición de relativa limpieza.

La autodepuración logra eliminar la materia orgánica dependiendo de la efectividad de la reaereación, de la sedimentación, la temperatura y principalmente del tiempo donde se desarrollen las acciones bioquímicas.

La autodepuración de una corriente se desarrolla en 4 etapas, sin limitación definida en la corriente, estas son:

- 1.1 Zona de degradación.
- 1.2 Zona de descomposición.
- 1.3 Zona de recuperación.
- 1.4 Zona de agua limpia.

1.1 Zona de degradación

Esta zona se localiza inmediatamente abajo del punto de descarga. En esta zona se observan sólidos flotantes, como fragmentos de basura, astillas, papel y sólidos fecales.

Aumenta la turbiedad de la corriente por la descarga de aguas negras. La fauna acuática disminuye y queda limitada a aquellas especies capaces de sobrevivir en el agua que contiene

relativamente poco oxígeno disuelto.

Las bacterias se presentan en grandes cantidades incluyendo - las patógenas que estaban en las aguas negras. El activo desarrollo de la vida microbiológica absorbe y agota gradualmente el oxígeno disuelto. Si en esta sección el flujo de la corriente es lento hay sedimentación de los sólidos suspendidos formándose bancos de lodo, esta acumulación de sólidos se pudre y contribuye a la degradación de la corriente.

1.2 Zona de descomposición.

A medida que se va agotando el oxígeno disuelto en el agua, - la zona de degradación se convierte en zona de descomposición donde se inicia la putrefacción o descomposición anaerobia.

Cuando la descarga de aguas negras es grande con respecto al volumen de la corriente, rápidamente se convierte en zona de descomposición. Así, cuando el volumen de aguas negras descargado es pequeño, en comparación con la corriente, de manera que haya siempre el suficiente oxígeno disuelto para mantener la vida aerobia puede no aparecer la zona de descomposición y entonces la primera zona se transforma directamente en zona de recuperación.

1.3 Zona de recuperación.

En esta zona se ha consumado casi completamente la descomposición de la materia orgánica y se hayan en mayor concentración los sólidos inorgánicos. El oxígeno disuelto aparece en cantidades gradualmente mayores y los sólidos orgánicos disminuyen. Siguen existiendo microorganismos, pero en menor cantidad.

Las especies anaerobias se han extinguido quedando las aerobias. Los peces pueden sobrevivir y aparecen otras formas de vida, continua la sedimentación formando bancos de lodo que son poblados por gusanos y larvas que contribuyen a la descomposición.

1.4 Zona de agua limpia.

En esta zona la apariencia del agua es similar a la que tenía antes de recibir la descarga, no hay sólidos flotantes, el agua es clara y ha recuperado su transparencia. La concentración de oxígeno es cercana al punto de saturación, los organismos microscópicos incluyendo las bacterias se encuentran en cantidades pequeñas y abundan las algas ya que toman su alimento del producto de la descomposición.

Los peces son generalmente más abundantes que antes de que se hiciera la descarga, debido al aumento de los organismos que sirven de alimento a los peces.

El tiempo que se requiere para la autodepuración de una corriente o la distancia que tiene que recorrer para atravesar las cuatro etapas depende del grado de contaminación del caudal del agua receptora y de las temperaturas de las aguas y si se descarga nuevamente durante el proceso de autodepuración.

La autodepuración de las aguas subterráneas difiere grandemente de la autodepuración de las aguas superficiales.

La variedad de organismos vivos que se alimentan de las sustancias contaminantes, se encuentra reducida en el confinamiento y la oscuridad del subsuelo. Pero esta reducción en la purificación biológica, se compensa a través de la filtración que se incrementa y disminuye el tiempo y la distancia del trayecto de contaminación.

C A P I T U L O I I

METODOS DE DISPOSICION.

Los métodos de disposición de las aguas negras comprenden des cargas en una masa de agua o en una corriente, así como des cargas sobre y debajo de la superficie terrestre.

La evacuación de las aguas negras descargando sobre una masa de agua se llama Disposición por Dilución.

La evacuación sobre la superficie terrestre se conoce por rie go o como Disposición Superficial .

El tercer método considerado es el de disposición subsuperficial

2.1 Disposición por dilución.

Consiste en depositar un determinado gasto, a una masa de agua superficial tal como:

2.1.1 Arroyos y ríos.

2.1.2 Lagos y lagunas

2.1.3 Mares.

La masa de agua receptora debe de tener la magnitud suficiente y cubrir con varias características determinadas para que se pueda efectuar la evacuación sin causar daños.

Cuando se deposita agua contaminada en agua limpia, el agua residual da lugar a una contaminación de la segunda, que depende del volumen de las aguas negras, y de su contenido orgánico. Si el volumen de las aguas y el oxígeno disuelto son suficientes, es decir que se tenga una pequeña cantidad de aguas negras y el oxígeno disueltos sea alto, se produce la

C A P I T U L O I I

METODOS DE DISPOSICION.

Los métodos de disposición de las aguas negras comprenden descargas en una masa de agua o en una corriente, así como descargas sobre y debajo de la superficie terrestre.

La evacuación de las aguas negras descargando sobre una masa de agua se llama Disposición por Dilución.

La evacuación sobre la superficie terrestre se conoce por riego o como Disposición Superficial .

El tercer método considerado es el de disposición subsuperficial

2.1 Disposición por dilución.

Consiste en depositar un determinado gasto, a una masa de agua superficial tal como:

2.1.1 Arroyos y ríos.

2.1.2 Lagos y lagunas

2.1.3 Mares.

La masa de agua receptora debe de tener la magnitud suficiente y cubrir con varias características determinadas para que se pueda efectuar la evacuación sin causar daños.

Cuando se deposita agua contaminada en agua limpia, el agua residual da lugar a una contaminación de la segunda, que depende del volumen de las aguas negras, y de su contenido orgánico. Si el volumen de las aguas y el oxígeno disuelto son suficientes, es decir que se tenga una pequeña cantidad de aguas negras y el oxígeno disueltos sea alto, se produce la

descomposición aerobia de la materia orgánica por lo que no se desarrollan condiciones molestas. Sin embargo la contaminación bacteriana sigue siendo un peligro para la salud.

En los casos en que el oxígeno disuelto del agua receptora no sea suficiente para mantener la descomposición aerobia, tendrá lugar la descomposición anaerobia y la putrefacción, resultado condiciones indeseables.

El volumen de aguas negras no es precisamente lo que debe considerarse como valor crítico, sino la cantidad de materia orgánica de fácil descomposición que se contengan. Por lo que un determinado volumen de aguas negras son tratadas para disminuir o eliminar la materia orgánica y pueda descargarse en una superficie de agua natural sin crear problemas, mientras que el mismo volumen de aguas negras crudas o sin tratar podrían producir otros resultados.

2.1.1 Arroyos y Ríos.

Cuando las aguas negras se vierten a un río o arroyo se presentan efectos físicos, químicos y biológicos que ayudan a la autodepuración de las corrientes, tales como la dilución, la sedimentación, la reducción, la oxidación y la fotosíntesis. La temperatura también juega un papel importante, así como la turbulencia y la hidrografía ya que son factores físicos importantes para la autodepuración. La sedimentación, la oxidación y el efecto de la luz solar en unión a las actividades físicas, químicas y biológicas se incrementan cuando aumenta la temperatura.

Cuando se descarga materia orgánica putrecible en agua clara, los riesgos de contaminación se reducen por dispersión a causa de la dilución.

Si la dilución es suficiente ella sola puede evitar todo perjuicio. Como se unen a una corriente principal afluentes superficiales y corrientes subterráneas la creciente dilución dispersa todavía más los sólidos de las aguas negras dando lugar a una autodepuración por medio de la dilución.

La oxidación de la materia orgánica, empieza inmediatamente después de su descarga en el agua de dilución, debido al desarrollo y la actividad de los organismos oxidantes y en grado menor a las reacciones químicas. En tanto exista suficiente oxígeno en el agua no habrá condiciones sépticas y no se percibirán olores desagradables.

Cuando la materia orgánica esté completamente nitrificada la corriente se ha autodepurado.

La condición que se considera más importante para la autodepuración de una corriente es la cantidad de oxígeno inicial disuelto, para oxidar la materia orgánica que se vierta en ella o en otro caso la adición posterior a la descarga de oxígeno para completar la oxidación.

Dicha adición puede ser por medio de la dilución producida por los afluentes del río, a través de la aereación determinada por las caídas y rápidas, por la acción del viento, por la absorción de la atmósfera y por la acción de organismos microscópicos.

La reducción se efectúa cuando la materia orgánica se descompone, sea química o biológicamente para formar líquidos y gases y poner algunos sólidos en solución.

La luz solar es eficaz para la autopurificación, por su efecto esterilizante sobre ciertas bacterias y principalmente por la fotosíntesis, mediante la cual los organismos que poseen clorofila toman energía del sol y la convierten en alimentos

para otros seres vivos, absorbiendo anhídrido carbónico durante el proceso y desprendiendo oxígeno.

La rapidez de la autodepuración depende de la clase de materia orgánica, de la presencia de oxígeno utilizable, de la velocidad de la corriente; las corrientes lentas tienen más probabilidades de autodepurarse por sí solas, en menor distancia las de escurrimiento rápido y turbulento, mientras que éstas últimas se autodepurarán probablemente en menos tiempo a igualdad de otras condiciones. La absorción de oxígeno es más rápida en una corriente cuya superficie esté agitada que en una superficie lisa.

Sin embargo, el desarrollo de algas, así como otras actividades biológicas, como el efecto de la luz solar y de la sedimentación pueden ser factores más fuertes que la agitación de la superficie en la autodepuración. En una corriente cubierta con hielo puede esperarse poca o ninguna autodepuración.

Frecuentemente es más ventajoso descargar aguas negras en una corriente agitada, independientemente de las condiciones de autodepuración, pues los efectos nocivos que pueden producirse se presentan muy lejos del punto de descarga y no serán molestas para nadie.

2.1.2 Lagos y Lagunas.

Las aguas negras pueden ser vertidas a los lagos y lagunas con tan buenos resultados como a los arroyos y ríos siempre y cuando existan condiciones favorables para la autodepuración. Sin embargo, la descarga de las aguas negras o de los líquidos residuales de las instalaciones en un lago o laguna, aportará nutrientes al agua que las recibe y puede estimular el desarrollo de la flora y fauna acuática. Si se incorporan suficientes nutrientes para sostener una vegetación excesiva, -

el lago puede dejar de ser útil como fuente de abastecimiento de agua.

Mediante la observación de la vida acuática puede comprobarse el riesgo de esta situación y se puede evitar mediante:

- Interrupción de la descarga de aguas negras.
- Impedir el desarrollo de algas, empleando productos químicos o por introducción de flora y fauna depredadora.
- El cambio de régimen del lago para crear un medio diferente al obtenido.
- El tratamiento de las aguas del lago para eliminar la vida acuática nociva.

Sin embargo, se ha indicado que cuando ha tenido lugar una eutrofización completa, el lago no recuperará nunca su primer estado, aún cuando se retire la aportación de nutrientes en forma de aguas negras.

Los lagos y ríos se autodepuran por las mismas causas pero en los lagos las corrientes son menos pronunciadas o no existen.

En los lagos poco profundos, de 6 metros o menos de profundidad, se cuenta con corrientes horizontales y la acción del viento para que el agua esté en movimiento a fin de que puedan mezclarse las aguas negras y las aguas donde se efectúa la dilución.

En los lagos profundos, las corrientes inducidas por el viento son más útiles, donde el arrastre del viento puede inducir corrientes superficiales de un 3% al 6% de la velocidad del viento y alcanzar profundidades de 13.5 a 18 metros.

Las corrientes verticales y las turbulencias de la primavera y del otoño mezclan completamente las aguas de un lago en que la temperatura del agua del fondo no suba nunca de más de 4°C.

Al principio del invierno el aire frío aumenta la densidad -- del agua de la superficie del lago, haciendo que se hunda y - permita ascenso de capas más calientes, situadas por debajo que se enfrían a su vez. Cuando el agua del lago llega a tener una temperatura de 4°C , cesan las corrientes verticales - inducidas por la temperatura. En la primavera, de la forma - contraria, a medida que la temperatura del agua de la superfi- cie sobrepasa los 4°C el agua se hace más pesada y baja a tra- vés de los estratos más fríos, provocando corrientes vertica- les llamados en algunas ocasiones "torbellinos de otoño y pri- mavera" y además están restringidos casi por completo a zonas templadas. Estos torbellinos son eficaces para contribuir a la autodepuración de los lagos profundos.

2.1.3 Mar.

En las aguas de mar se presentan factores que reducen la capa- cidad para absorber muchos elementos contenidos en las aguas negras tales como el contenido de oxígeno que es aproximada - mente un 20% menos que el del agua dulce a la misma temperatu- ra, así como la mayor cantidad de sustancias disueltas en el agua de mar.

Este hecho en unión de las reacciones químicas que se produ- cen cuando las aguas negras se mezclan con el agua de mar ha- ce que se precipiten algunos de los sólidos de las aguas apar- tadas dando al agua un aspecto lechosos y formando bancos de lodo. Estos bancos de lodo son especialmente perjudiciales, pues hay mayor tendencia a la formación de ácido sulfhídrico, en el agua de mar que en el agua dulce.

Cuando las aguas negras se mezclan con el agua de mar, el ma- yor peso específico y la menor temperatura del agua de mar, - hace que las aguas negras más ligeras y más calientes suban a la superficie formando una delgada película sobre ella. En -

los días tranquilos esta película puede observarse por grandes distancias desde la zona de desagüe de la atarjea.

La reaereación del agua salada es menos rápida que la del agua dulce en proporción a las relativas solubilidades del oxígeno en ambas aguas.

Las pruebas relativas a la acción que tiene lugar en la absorción de oxígeno del aire por el agua del mar y su efecto sobre la disolución de los sólidos de las aguas negras son contradictorias, pero en general el agua dulce es mejor diluyente que el agua salada.

2.2 Disposición superficial.

La disposición superficial consiste en descargar las aguas negras sobre una superficie de terreno, ya sea por inundación o por riego.

La inundación es la descarga de aguas negras sobre una superficie, donde una parte de las aguas se evapora, otra se filtra y el resto es evacuada por medio de zanjas superficiales de drenaje sin el propósito de obtener alguna cosecha, pero no es muy frecuente ya que de las cosechas se obtienen ingresos.

El riego consiste en descargar aguas con nutrientes sobre un terreno para la producción de cosechas.

La aplicación a este tipo de disposición es en las zonas áridas o semiáridas, donde es de gran valor la humedad que se le pueda proporcionar al suelo.

Las aguas negras tienen un valor fertilizante ligeramente mayor que el del agua natural, contienen aproximadamente 20 mg/l

de nitrógeno, puede esperarse que las aguas negras de origen doméstico con 250 mg/l de sólidos en suspensión, contengan - 5 mg/l de ácido fosfórico y aproximadamente 20 mg/l de potasio útiles en la agricultura.

El suelo más adecuado para la disposición superficial es el suelo poroso arenoso con pendiente, no deben emplearse suelos arcillosos impermeables y compactos ya que endurecen la superficie y se forman charcos de aguas negras en putrefacción, creando focos de contaminación.

Las aguas negras pueden distribuirse sobre el área de riego por cualquiera de los siguientes métodos:

- Inundación.
- Riego superficial.
- Riego por surcos.
- Riego por aspersión.
- Filtración.

En cada uno de los métodos anteriores las aguas negras se distribuyen de un modo intermitente, con períodos relativamente largos entre descarga. Además para poder emplear cualquier método, las aguas deben de tener un tratamiento previo.

En la ganadería se ha encontrado uso adecuado a este tipo de disposición, en la producción de forrajes.

2.3 Disposición Subsuperficial.

Este método consiste en hacer llegar las aguas residuales al terreno por debajo de la superficie, mediante pozos de drenaje, usualmente solo se eliminan las aguas provenientes de instituciones o residencias, ya que la evacuación subterránea es costosa.

Las formaciones geológicas deben ser capaces de dispersar las aguas residuales, así como aislar y proteger contra la contaminación a los recursos de agua subterránea que podría ser usada para una población, situada en un nivel cercano, ya que el nivel frático puede encontrarse en la superficie, cerca de ella, o a varios miles de metros abajo de la superficie.

Las aguas negras deben ser lo suficientemente "limpias" para no obstruir las formaciones subterráneas, encontrarse relativamente libres de ácidos o de otros productos químicos que pueden atacar los pozos y a los minerales que componen las formaciones geológicas, además no deben proveer nutrientes a los crecimientos biológicos.

Las aguas residuales que se evacúan de esta forma son las aguas con un alto grado de sal, las aguas provenientes de instituciones que descargan fluidos inorgánicos concentrados y tóxicos de la industria farmacéutica.

C A P I T U L O III

SELECCION DEL METODO APROPIADO.

Para poder seleccionar adecuadamente el método de disposición es necesario observar las ventajas y desventajas, así como el uso y aplicación que se le puede dar al agua.

3.1 Usos del agua.

Los usos principales del agua son los que marcan beneficios que puedan obtener de ella para una población y se pueden agrupar de la siguiente forma.

Doméstico, industrial, riego agrícola, pesca, vida acuática y otros como natación y canotaje.

El consumo doméstico incluye el agua utilizada en las residencias para fines hogareños, así como la utilizada para jardines.

El consumo industrial es alto y relativamente constante año con año, dependiendo del tipo de industria es el empleo del agua, en algunas industrias se emplean grandes cantidades de agua para enfriamiento de máquinas y riego de grandes extensiones de jardines.

El riego agrícola emplea cantidades enormes de agua.

Dada la contaminación de las aguas negras prácticamente es imposible el darle un uso sin un tratamiento previo, aunque las aguas negras crudas (no tratadas), son empleadas para riego de ciertos cultivos como forrajes, bajo condiciones de manejo

controlado.

El propósito del tratamiento de las aguas negras, previo a su disposición consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que queden al ser descargados a las aguas receptoras no interfieran con el mejor o el más adecuado empleo de éstas, tomando en cuenta la capacidad de las aguas receptoras para asimilar la carga que agregue.

Los sólidos que se eliminan son principalmente orgánicos pero también sólidos inorgánicos. Como el empleo de las aguas receptoras puede ser para consumo doméstico el grado de tratamiento que se dé a las aguas negras, varía de acuerdo al uso de la misma.

Los métodos empleados para el tratamiento pueden quedar determinados en 5 procesos:

- Tratamiento preliminar.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Cloración.
- Tratamiento de los lodos.

Existen tratamientos determinados para casos particulares y mas adelante se denotan.

3.2 Tratamiento preliminar.

Sirve para proteger el equipo de bombeo de la planta tratadora y hacer más fáciles los procesos subsecuentes.

En el tratamiento preliminar se emplean dispositivos para eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes y eliminar sólidos inorgánicos pesados además cantidades excesivas de aceites o grasas.

En algunos casos por ejemplo, en la disposición de dilución - en mar pueden ser suficientes los resultados que se logren - con el tratamiento preliminar. Algunos de los dispositivos empleados son:

- 1) Rejas de barras o más finas
- 2) Desmenuzadores con molinos, cortadoras o trituradoras.
- 3) Desarenadores.
- 4) Tanques de preaereación.

En algunas ocasiones se emplea la cloración en el tratamiento preliminar, dado que la cloración puede usarse en cualquier - etapa del tratamiento y se considera como método independien- te.

3.3 Tratamiento primario.

Durante esta etapa del tratamiento se eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras, aproximadamente del 40 al 60 por ciento mediante un proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación.

Si se agregan ciertos productos químicos en los tanques de se dimentación se eliminan de un 80 a un 90 por ciento, los sól i dos suspendidos y todos los coloides.

El propósito de los dispositivos empleados en el tratamiento primario es disminuir suficientemente la velocidad de las -- aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos y generalmente se les distingue con el nombre de tanques de sedimen tación.

De acuerdo a su diseño y operación pueden dividirse en 4 grupos:

- Tanques sépticos.
- Tanques de doble acción: como los imhoff y otras unidades patentadas.
- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

Cuando se usan productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares como:

- Unidades alimentadoras de reactivos.
- Mezcladores.
- Floculadores.

En muchos casos con el tratamiento primario es suficiente para que se pueda descargar del efluente a las aguas receptoras.

3.4 Tratamiento secundario.

Si después del tratamiento primario las aguas contienen sólidos orgánicos en suspensión o solución, más de los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras, debe llevarse a cabo el tratamiento secundario. Este depende principalmente de organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos estables.

Este tratamiento es comparable a la zona de recuperación en la autodepuración de una corriente.

Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario se dividen en los cuatro siguientes grupos.

- Filtros roceadores con tanques de sedimentación secundaria.
- Tanques de aereación:

- a) Lodos activados con tanques de sedimentación simple.
 - b) Aereación por contacto.
- Filtros de arena intermitentes.
-Estanques de estabilización.

3.5 Cloración.

Este es un método de tratamiento que puede emplearse para muy diversos propósitos, además se puede emplear en todas las etapas de un tratamiento aguas negras.

Generalmente se aplica el cloro a las aguas negras para controlar:

- a) Olor.
- b) Protección de las estructuras de la planta.

-Como auxiliar en la operación de la planta para:

- a) Lograr mayor sedimentación.
- b) En los filtros roceadores.
- c) En abultamiento de los lodos activados.

-Ajuste o abatimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

3.6 Tratamiento de los lodos.

Los lodos de las aguas negras están constituidos por los sólidos producto de la eliminación de las unidades de tratamiento primario y secundario.

Estos lodos en algunas ocasiones son dispuestos sin someterse a tratamiento, pero generalmente es necesario tratarlos dada la contaminación que podrían causar, se les prepara y acondiciona para disponer de ellos.

El tratamiento tiene como objetivos, el eliminar parcial o

totalmente el agua que contienen los lodos, disminuyendo su volumen y en segundo lugar para que se descompongan los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales.

3.7 Tratamientos específicos.

Eliminación de hierro y manganeso.

El hierro y manganeso existen en estado oxidado o reducido, el hierro se presenta en estado oxidado en suelos y rocas formando compuestos insolubles. Al tener contacto el agua con estos suelos y rocas, la descomposición de la materia orgánica tiende a eliminar el oxígeno disuelto del agua que está en contacto con el suelo, y los compuestos del hierro y manganeso son reducidos, dando origen a compuestos solubles.

Cuando se encuentran combinados con la materia orgánica se emplean métodos especiales de tratamiento para eliminarlos, uno de estos es el dejar que el agua oscurra o se filtre a través de materiales como coque, grava y minerales de manganeso o materiales manufacturados.

También es posible eliminar el hierro y el manganeso por medio de una reacción de permutación de bases con otros compuestos. La adopción de cualquier método de tratamiento depende del estado en que se encuentre el hierro.

Ablandamiento de aguas residuales.

La precipitación y la permutación iónica son dos métodos para conseguir el ablandamiento del agua.

El método de precipitación emplea cal y carbonato de sodio y bioxido de carbono, en combinación.

totalmente el agua que contienen los lodos, disminuyendo su volumen y en segundo lugar para que se descompongan los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales.

3.7 Tratamientos específicos.

Eliminación de hierro y manganeso.

El hierro y manganeso existen en estado oxidado o reducido, el hierro se presenta en estado oxidado en suelos y rocas formando compuestos insolubles. Al tener contacto el agua con estos suelos y rocas, la descomposición de la materia orgánica tiende a eliminar el oxígeno disuelto del agua que está en contacto con el suelo, y los compuestos del hierro y manganeso son reducidos, dando origen a compuestos solubles.

Cuando se encuentran combinados con la materia orgánica se emplean métodos especiales de tratamiento para eliminarlos, uno de estos es el dejar que el agua escurra o se filtre a través de materiales como coque, grava y minerales de manganeso o materiales manufacturados.

También es posible eliminar el hierro y el manganeso por medio de una reacción de permutación de bases con otros compuestos. La adopción de cualquier método de tratamiento depende del estado en que se encuentre el hierro.

Ablandamiento de aguas residuales.

La precipitación y la permutación iónica son dos métodos para conseguir el ablandamiento del agua.

El método de precipitación emplea cal y carbonato de sodio y bioxido de carbono, en combinación.

El ablandamiento con cal y carbonato de sodio consiste en aplicar estas sustancias al agua, para hacer que precipiten el calcio y el magnesio en forma de compuestos insolubles.

El proceso químico del método de precipitación es complejo y depende de la aplicación de las cantidades correctas de los reactivos, lo cual está basado en un análisis de laboratorio.

El método de permutación iónica consiste en filtrar agua a través de una arena especial llamada zeolita natural, arena verde o a través de zeolitas sintéticas.

Cuando se hace fluir el agua a través de zeolitas, los iones de calcio y magnesio son removidos y reemplazados por iones, usualmente de sodio, que no causan dureza. Algunas zeolitas son eficaces para remover el hierro.

La selección de una zeolita depende de las características del agua y de los costos.

3.7.3.1 Control de olores.

Los olores son debidos a contaminantes químicos, así como micro-organismos.

Cada problema se considera desde un punto de vista individual.

El tratamiento para controlar los micro-organismos es el de añadir sulfato de cobre a las aguas. Es un veneno efectivo para la fauna y flora microscópica, pero su uso debe limitarse para no matar a los peces.

Además existen otros tipos de tratamiento como la aereación, cloración, bioxido de cloro, ozono y carbón.

La aereación es un tratamiento relativamente sencillo pero su uso y eficacia son muy limitados. Un método de aereación es por medio de aspersores que pulverizan el agua en la atmósfera formando pequeñas gotas, otro método es el de forzar el paso de aire comprimido dentro del agua, otro método consiste en descargar de una tubería elevada y dejar que el agua salpique y escurra por una serie de artesas o lechos que contengan coque o piedra triturada.

El carbón activado por su capacidad de adsorción es eficaz para eliminar olores, generalmente se emplea en forma de polvo fino y a veces se usa el carbón activado granulado en forma de filtro, haciendo pasar el agua a través de éste. Los filtros de carbón deben lavarse a intervalos definidos ya que su poder de adsorción se agota al saturarse y el carbón debe ser reemplazado o reactivado.

La cloración es un método relativamente eficiente para la eliminación de bacterias, si se aplica en cantidades adecuadas, adicionales a las que se requieren para la desinfección. En ocasiones se requieren cantidades de cloro tan altas que posteriormente se necesita una descloración para que no se presente el olor a cloro.

El tratamiento con ozono se ha limitado al control de olores, ya que también es desinfectante, pero por su costo no se emplea, para este fin, tiene la ventaja de no producir olores posteriores.

El ozono es una forma inestable de oxígeno, se obtiene por medio de ozonificadores, en los que una descarga eléctrica --- transforma en ozono parte del oxígeno del aire. Este aire -- ozonizado se comprime y se hace pasar a través del agua que se está tratando.

IV. OPTIMIZACION DEL TRATAMIENTO.

El nivel de tratamiento aplicado a las aguas residuales antes de ser descargadas, se determina para que el mínimo de oxígeno disuelto permita el desarrollo de vida acuática superior y el costo sea mínimo resultando una optimización del tratamiento.

4.1 Función del oxígeno disuelto (O.D.)

El oxígeno se disuelve en el agua por el contacto del aire con la superficie del agua.

Cuando se descargan aguas negras tiene lugar la descomposición y la degradación debido a las actividades de bacterias y los micro-organismos presentes en las aguas negras y en las aguas receptoras, disminuyendo el oxígeno disuelto.

El flujo turbulento de una corriente sobre superficies rugosas, así como en rápidos del río, aumenta la velocidad de disolución del oxígeno, o sea la reaeración.

Por medio de la reaeración se consigue oxígeno disponible adicional para la descomposición bioquímica de los sólidos orgánicos putrecibles.

Por medio de la curva de desoxigenación-reoxigenación, se puede calcular la cantidad aproximada de agua de dilución que se requiere para mantener un mínimo de oxígeno disuelto o de demanda bioquímica de oxígeno.

4.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación

aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras es la demanda bioquímica de oxígeno. Se determina mediante una prueba de laboratorio, la prueba determina la cantidad de materia orgánica sujeta a descomposición en las aguas negras y es un índice importante.

Se requiere un período largo de tiempo, probablemente 100 días, para la estabilización completa de toda la materia orgánica. Como no es práctico el utilizar pruebas que requieran más de unos cuantos días para obtener resultados, es costumbre hacer pruebas de DBO a una temperatura estandar de 20°C durante un período de 5 días.

Se ha determinado que la DBO a los 5 días es alrededor de 68% de la última, cuando se utiliza un coeficiente de velocidad de reacción de 0.10. Este coeficiente no es constante en todas las aguas negras, pero la prueba da resultados aceptables.

4.3 Proceso de optimización.

El proceso de optimización se efectúa en el siguiente orden:

4.3.1 Determinación del nivel de tratamiento de una sola descarga.

- a) se determina la concentración de materia orgánica (L_a) en el río, después del mezclado.

$$L_a = \frac{Q_r L_r + Q_f L_f}{Q_r + Q_f}$$

donde: Q_r es el gasto del río ML^{-3}

Q_f es el gasto de la descarga ML^{-3}

L_r concentración de materia orgánica en el río ML^{-3}

L_f concentración de materia orgánica en la descarga
 ML^{-3}

Se determina el tiempo crítico T_c

$$T_c = \frac{1}{K_1 \left(\frac{K_2}{K_1} - 1 \right)} \ln \left(\frac{K_2}{K_1} \left[1 - \left(\frac{K_2}{K_1} - 1 \right) \frac{D_a}{L_a} \right] \right)$$

Donde: K_1 constante de rapidez de degradación de la materia orgánica T^{-1}

K_2 constante de rapidez de regeneración T^{-1}

D_a déficit de oxígeno en la sección de descarga ML^{-3}

Con los datos de longitud de tramo (1) y velocidad de escurrimiento (U) se determina el tiempo de recorrido T_r .

Si el tiempo crítico cae dentro del tramo $T_c < T_r$, se determina el déficit crítico D_c .

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} L_a e^{-K_1 T_c}$$

En caso contrario se determina el déficit D_s al final del tramo.

$$D_s = \frac{K_1 L_a}{K_2 - K_1} \left(e^{-K_1 T_r} - e^{-K_2 T_r} \right) + D_a e^{-K_2 T_r}$$

Donde: D_s es el déficit de oxígeno en un punto situado a un tiempo t del punto de descarga. Corresponde a la diferencia entre la concentración de saturación de oxígeno en la corriente y la concentración presente ML^{-3} .

- e Si el déficit calculado en el paso anterior es menor que el permitido (4 mg/l), la descarga no requerirá tratamiento. En caso contrario se determina la concentración de la descarga L_f' bajo condiciones del siguiente nivel de tratamiento.

$$L_f' = L_a e^{-K_1 T_r}$$

y se repiten los pasos hasta que se satisfaga el déficit de oxígeno permitido.

4.3.2 Determinación de la secuencia óptima de niveles de tratamiento para un sistema de descargas.

- a) se aplican los pasos del inciso anterior 4.3.1 al primer tramo del río para los niveles de tratamiento
- b) Se calculan los valores del déficit de oxígeno D_s y la concentración de materia orgánica L_s en la salida del tramo.
- c) Los valores D_s y L_s más económicos de los niveles de tratamiento, son ahora las condiciones de entrada para el segundo tramo, y se repiten los pasos anteriores (a y B) para este tramo.
- d) Se acumulan los costos incurridos hasta el final del segundo tramo y se compara con el costo más barato del primer tramo. Se continúa analizando según los pasos anteriores tomando como base el costo acumulado más barato.

Para ejemplificar lo anterior:

Una ciudad descarga $0.97 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas negras con una

concentración de materia orgánica de 400 mg/l en un arroyo - que tiene un gasto de $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual tiene una velocidad - de 3.2 Km/hora. Las aguas de la descarga están a 20°C y las del arroyo a 15°C , la DBO del arroyo es de 1 mg/l a 15°C , la descarga no tiene oxígeno disuelto.

El río está a 90% de concentración de saturación, las constantes de decaimiento $K_1 = 0.3 \text{ día}^{-1}$ a 20°C y $K_2 = 0.7 \text{ día}^{-1}$; - 200 Km aguas abajo se localiza una segunda descarga de --- $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas negras a 20°C con una concentración de materia orgánica de 800 mg/l, 100 Km aguas abajo de la segunda - descarga de $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas negras a 20°C con una concentración de materia orgánica de 400 mg/l.

Si desea determinar los niveles de tratamiento en cada descarga para que en cada tramo del río el déficit máximo de oxígeno sea 4 mg/L.

En el siguiente cuadro se encuentran los costos relativos --- totales de cada nivel de tratamiento, en cada una de las descargas.

| NIVEL TRATAMIENTO | EFICIENCIA | COSTO RELATIVO UNITARIO | COSTO RELATIVO TOTAL DESCARGA | | |
|----------------------|------------|-------------------------------|----------------------------------|-----|-----|
| | | | I | II | III |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0.3 | 1 | 84 | 48 | 72 |
| 2 | 0.7 | 1.0 | 314 | 179 | 269 |
| 3 | 0.9 | 2.5 | 630 | 360 | 540 |

TABLA 1

Solucion del ejemplo.

De los datos proporcionados;

Longitud del tramo (L) = 80 km.

Velocidad de escurrimiento (V) = 3.2 km/hora = 0.889m/seg

Gasto del río (Qr) = 8.5 m³/seg

Carga orgánica del río (Lr) = 1 mg/l

Deficit de oxigeno (Da) = 0.4 mg/l

Tiempo de recorrido (Tr)

Se obtiene de la longitud del tramo y la velocidad del recorrido.

$$(Tr) = \frac{L}{V} \times 86400 = 1.0415 \text{ seg}$$

Concentración de materia orgánica (Lf) = no la hay = 0

Gasto de la descarga (Qf) = no la hay = 0

Eficiencia (n) se obtiene de la tabla 1 (n) = 0

Concentración de materia organica (Lf') = 0

--Empleando las formulas;

Concentración de materia organica (La)

$$La = \frac{(8.5)(1) + (0)(0)}{8.5 + 0} = 1 \text{ mg/l}$$

Tiempo critico (Tc) , donde K₁ y K₂ son Ctes..

K₁ = 0.3 , K₂ = 0.7

$$Tc = \frac{1}{0.3 \left(\frac{0.7}{0.3} - 1 \right)} \ln \left(\frac{0.7}{0.3} \left[1 - \left(\frac{0.7}{0.3} - 1 \right) \frac{0.4}{1} \right] \right) = 0.2129$$

Se observa que Tc < Tr

Defict de oxigeno a la salida (Ds)

$$Ds = \frac{0.3}{0.7 - 0.3} \left(e^{-(0.3)(1.0415)} - e^{-(0.7)(1.0415)} \right) + 0.4 e^{-(0.7)(1.0415)} = 0.3799 \text{ mg/l}$$

$$L_s = L_a e^{-K_1 Tr} = (1) e^{- (0.3)(1.0415)} = 0.7317$$

---Desarrollandode la misma forma el tramo siguiente;

De los datos del problema:

Longitud del tramo (L) = 200 km

Velocidad de escurrimiento(V) = 0,889 m/seg

Gasto del río (Qr) = 8.5 m³/seg

Carga organica del río(Lr)= (Ls)

Se toman los datos del tramo anterior

$$(L_r) = 0.7317 \text{ mg/l}$$

Deficit de oxígeno (D_a) = (D_s) ; D_a = 0.3799 mg/l

$$\text{Tiempo de recorrido(Tr)} = \frac{200 \times 86400}{0.889} = 2.6041 \text{ seg}$$

Concentración de materia organica (L_f) = 400mg/l

Gasto de la descarga (Q_f) = 0.97 m³/seg

Eficiencia (n) = 0

Concentración de materia orgánica (L'_f)

$$L'_f = (1-n) L_f = (1-0)400 = 400\text{mg/l}$$

Empleando las formulas;

$$L_a = \frac{(8.5)(0.7317) + (0.97)(400)}{8.5 + 0.97} = 41.628 \text{ mg/l}$$

$$T_c = \frac{1}{0.3 \left(\frac{0.7}{0.3} - 1 \right)} \ln \left(\frac{0.7}{0.3} \left[1 - \left(\frac{0.7}{0.3} - 1 \right) \frac{0.3799}{41.628} \right] \right) = 1.8439 \text{ seg}$$

Se observa que T_c < T_r

$$D_c = \frac{0.3}{0.7} 41.628 e^{-(0.3)(1.8439)} = 10.347 \text{ mg/l}$$

$$D_s = \frac{0.3(41.628)}{0.7 - 0.3} \left(e^{-(0.3)(2.6041)} - e^{-(0.7)(2.6041)} \right) +$$

$$+ 0.3799 e^{-0.7(2.6041)} = 0.3799 \text{ mg/l}$$

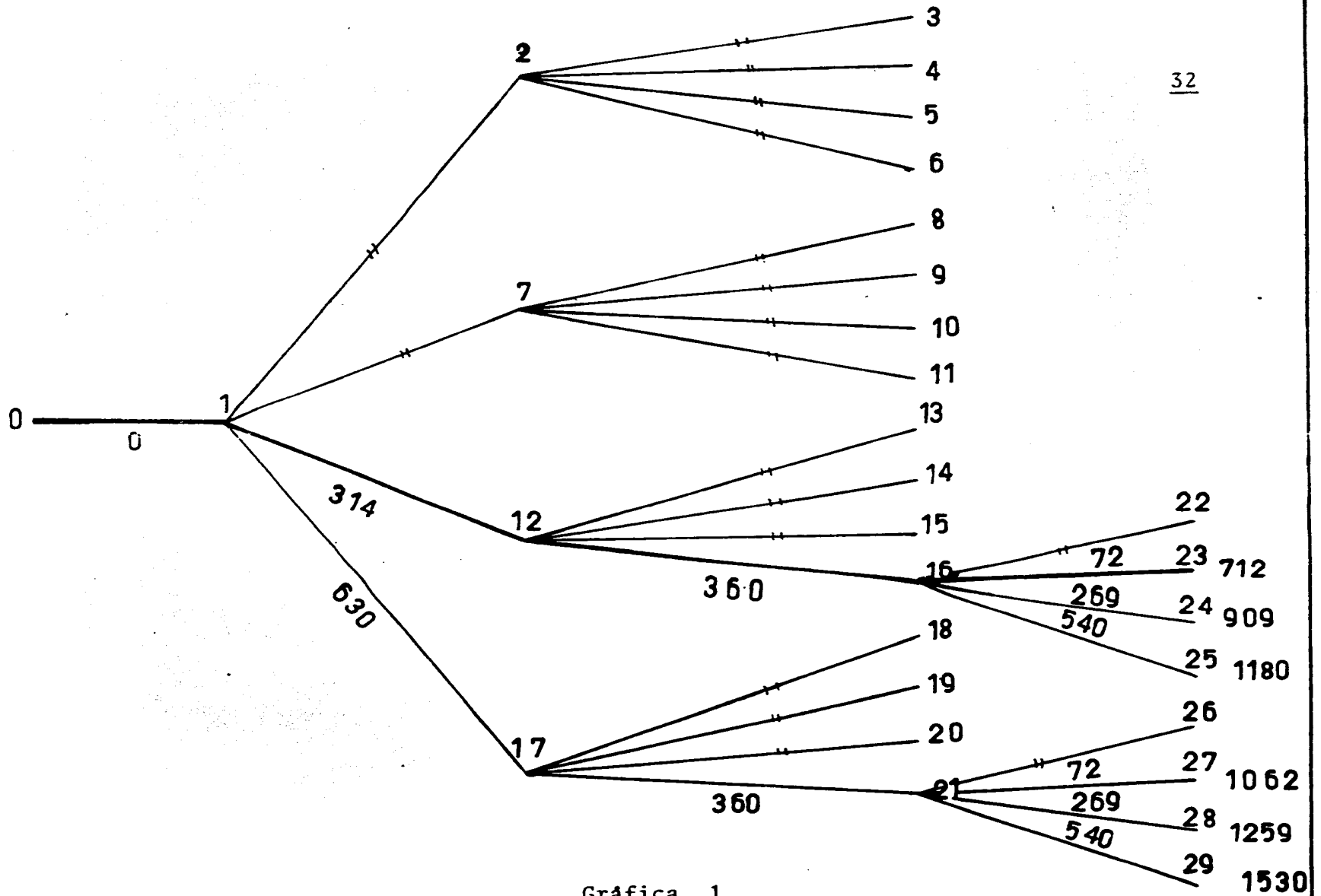
$$L_s = 41.628 e^{-(0.3)(2.6041)} = 16.053 \text{ mg/l}$$

Las iteraciones para los tratamientos siguientes se efectúan de la misma manera y el proceso es semejante para cada una de las descargas, por lo que se puede formar una tabla con los resultados (ver Tabla 2) .

En la gráfica se observa cual es el procedimiento óptimo para los tratamientos sugeridos.

| Tramo Anali- zado. | Long. Km | Vel. V m /seg. | Gasto Qr | DBO Er | DBO Da | Recorri- do tr | DBO Lf | Gasto Qr | Efi- cien- cia | DBO Lf | FBO La | T crfti- ca Tc | D critica Dc | D salida Ds | DBO salida Ls | Costo | Costo A |
|--------------------|----------|----------------|----------|---------|--------|----------------|--------|----------|----------------|--------|---------|----------------|--------------|-------------|---------------|---------|-----------|
| 1 | 80 | 0.889 | 8.5 | 1 | 0.4 | 1.0415 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.2129 | 0.4021 | 0.3799 | 0.7317 | | |
| 2 | 200 | 0.889 | 8.5 | 0.7317 | 0.3799 | 2.6041 | 400 | 0.97 | 0 | 400 | 41.628 | 1.8439 | 10.347 | 9.7254 | 16.0537 | No pasa | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 16.0537 | 9.7254 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0 | 800 | 113.03 | 1.639 | 30.087 | 15.400 | 19.096 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 16.0537 | 9.7254 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.3 | 560 | 83.34 | 1.5433 | 43.087 | 11.4194 | 14.0803 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 16.0537 | 9.7254 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.7 | 240 | 43.751 | 1.1838 | 13.793 | 6.1112 | 7.392 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 16.0537 | 9.7254 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.9 | 80 | 23.961 | 0.4078 | 9.884 | 3.4571 | 4.0485 | | |
| 2 | 200 | 0.889 | 8.5 | 0.7317 | 0.3799 | 2.6041 | 400 | 0.97 | 0.3 | 280 | 29.336 | 1.833 | 7.3207 | 6.8698 | 11.3136 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 11.3136 | 6.8698 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0 | 800 | 108.11 | 1.708 | 28.423 | 14.772 | 18.3945 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 11.3136 | 6.8698 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.3 | 560 | 79.192 | 1.6368 | 21.2116 | 10.790 | 13.378 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 11.3136 | 6.8698 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.7 | 240 | 39.6047 | 1.3561 | 11.734 | 5.482 | 6.6907 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 11.3136 | 6.8698 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.9 | 80 | 19.810 | 0.6836 | 7.4747 | 2.8286 | 3.468 | | |
| 2 | 200 | 0.889 | 8.5 | 0.7317 | 0.3799 | 2.6041 | 400 | 0.97 | 0.7 | 120 | 12.948 | 1.7875 | 3.2857 | 3.0622 | 4.9934 | 314 | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 4.9934 | 3.0622 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0 | 800 | 103.34 | 1.8063 | 26.044 | 13.934 | 17.458 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 4.9934 | 3.0622 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.3 | 560 | 73.654 | 1.7718 | 18.793 | 9.9528 | 12.443 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 4.9934 | 3.0622 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.7 | 240 | 34.066 | 1.6271 | 9.1564 | 4.6446 | 5.7551 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 4.9934 | 3.0622 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.9 | 80 | 14.272 | 1.2117 | 4.454 | 1.9905 | 2.4112 | 360 | 640 |
| 2 | 200 | 0.889 | 8.5 | 0.7317 | 0.3799 | 2.6041 | 400 | 0.97 | 0.9 | 40 | 4.7539 | 1.6409 | 1.2728 | 1.1584 | 1.833 | 630 | 630 |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.833 | 0.3799 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0 | 800 | 100.57 | 1.8579 | 24.881 | 13.514 | 16.991 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.833 | 0.3799 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.3 | 560 | 70.88 | 1.8442 | 17.622 | 9.5339 | 11.975 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.833 | 0.3799 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.7 | 240 | 31.297 | 1.785 | 7.9479 | 4.2256 | 5.287 | N.P. | |
| 3 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.833 | 0.3799 | 4.947 | 800 | 1.20 | 0.9 | 80 | 11.5034 | 1.5936 | 3.1293 | 1.5715 | 1.9434 | 360 | 990 |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 2.4112 | 1.995 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0 | 400 | 44.262 | 1.7358 | 11.447 | 5.438 | 6.496 | N.P. | |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 2.4112 | 1.9905 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0.3 | 280 | 31.631 | 1.6841 | 8.337 | 3.897 | 4.642 | 72 | 712 ***** |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 2.4112 | 1.9905 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0.7 | 120 | 14.769 | 1.4672 | 4.227 | 1.8434 | 2.1706 | 269 | 909 |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 2.4112 | 1.9905 | 5.2093 | 400 | 1.0 | 0.9 | 40 | 5.3679 | 0.8347 | 2.2954 | 0.8164 | 0.9346 | 540 | 1180 |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.943 | 1.571 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0 | 400 | 43.84 | 1.7616 | 11.2319 | 5.3787 | 6.434 | N.P. | |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.9434 | 1.571 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0.3 | 280 | 31.212 | 1.7204 | 8.1183 | 3.838 | 4.581 | 72 | 1062 |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.9434 | 1.571 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0.7 | 120 | 14.370 | 1.5457 | 3.986 | 1.7840 | 2.1091 | 269 | 1259 |
| 4 | 380 | 0.889 | 8.5 | 1.9434 | 1.571 | 5.2083 | 400 | 1.0 | 0.9 | 400 | 5.9494 | 1.0226 | 2.001 | 0.7579 | 0.8732 | 540 | 1530 |

TABLA 2



Gráfica 1

CONCLUSIONES .

Actualmente el problema de la disposición de las aguas --- negras es complejo , va que es difícil que se efectue en lo rios dada la cantidad tan grande de descargas vertidas a lo largo de ellos, por lo que para facilitar el proceso de autodepuración es necesario tratar estas descargas -- ántes de ser vertidas. situación que mencionan los reglamentos actuales con la idea de proteger los mantos de agua.

El descuido y poca atención de este hecho ha creado problemas tan serios como lo es la contaminación de grandes masas de agua , perdiendo su valor de aprovechamiento para el --- uso humano y ahora para solucionar esto es necesario invertir grandes sumas

En el trabajo presentado, se observa que se considera una - solución adecuada, la disposición en aguas corrientes por - los factores mencionados y se hace notar que existen una serie de tratamientos que por su costo y eficiencia son la - solución óptima para el problema planteado.

El ejemplo desarrollado es resuelto con cuatro tratamientos especificos de los cuales solo se menciona se eficiencia, - así mismo se observa que existe una gama de soluciones que podrian aplicarse al problema, pero estas serían a un costo mayor ó no cumpliendo con los requisitos de la descomposición aerobia y dando resultados poco satisfactorios. Es decir, - es aconsejable que toda descarga de cualquier procedencia - sea tratada de acuerdo a su capacidad de contaminación, -- antes de ser dispuesta por cualquier metodo que haya sido

seleccionado , procurando una optimización.

Debe tomarse en cuenta que muchos problemas han sido --
causados por la ignorancia, por lo que se requiere de una
cierta educación y concientización de la población acerca
de la problemática subsecuente.

BIBLIOGRAFIA

- * MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK
LIMUSA MEX. 1980
- * INGENIERIA SANITARIA
W.A. HARDENBERGH Y EDWARD B. RODIE
ED. C.E.C.S.A. MEX. 1981
- * ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
HAROL E. BABBITT Y E. ROBERT BAUMANN
ED. C.E.C.S.A. MEX. 1980
- * ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES
FAIR GEYER Y OKUN
ED. LIMUSA 1979
- * APUNTES DEL CURSO " TEMAS ESPECIALES DE INGENIERIA
SANITARIA "
FACULTAD DE INGENIERIA
- * IMPORTANCIA DE LA DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES
Y SU TRATAMIENTO CONSIDERANDO LOS SISTEMAS ECOLOGICOS.
ENRIQUE CALDERON JIMENEZ
TESIS , 1979
- * USOS DEL AGUA SEGUN GRADO DE CONTAMINACION
MANUEL FEDERICO DOMENZAIN OLVERA
TESIS, 1985
- * DISPOSICION INDIVIDUAL DE AGUAS RESIDUALES DE EDIFICIOS
VICTOR LEONARDO ZAMORA GARCIA
TESIS, 1984
- * INGENIERIA ECOLOGICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA SANITARIA
ING. ERNESTO MURGUIA VACA. 1982