

# I INTRODUCCIÓN

Hay procesos de contaminación del agua, producidos de forma irreversible por las fuentes de la naturaleza. Por ejemplo una erupción volcánica, una gran tormenta, la descomposición de materia orgánica en un pantano, un escape natural de petróleo desde su yacimiento, etc., son procesos que pueden contaminar el agua.

Pero la verdadera preocupación viene de la contaminación industrial, que es capaz de transformar totalmente los medios acuáticos.

Cuando los seres usan el agua la devuelven al medio con menos calidad, pero la naturaleza dispone de mecanismos que le restituyen su pureza, para que pueda ser utilizada de nuevo. Los seres humanos vertimos a los medios acuáticos grandísimas cantidades de residuos, que hacen imposible los procesos de reciclaje y depuración naturales de las aguas. Por eso muchos medios acuáticos están contaminados.

De tal manera que tenemos contaminantes del agua que se clasifican en tres categorías, físicos, químicos y biológicos.

Como línea general la solución se reduce a una: tratamiento en la fuente. Siempre que se trate de un vertido en su origen, tendremos menos volumen de líquido a procesar, mayor facilidad de tratamiento, menos recorrido y daños del líquido contaminante por el medio natural y menos inversiones de instalación y mantenimiento.

Toda técnica de tratamiento tendrá que adaptarse al tipo de actividad industrial que se trate: en nuestro caso la industria de fabricación de aglomerados, implementando neutralización, precipitación, filtración, separación de grasas o bien sistemas biológicos.

Los lodos una vez secos serán utilizados como combustible en el caldero por estar compuestos de materia proveniente de la madera.

Para concretar este trabajo nos planteamos como objetivo general, establecer una propuesta de tratamiento de las aguas residuales, resultantes de los procesos de la fabricación de los

distintos productos en la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., y nos basamos en una profunda investigación bibliográfica que recopila los criterios básicos de los distintos tratamientos y manejo de las aguas residuales, que la planteamos en el primer capítulo, el proceso de investigación de campo, recolección de muestras y toda la caracterización de los vertidos la explicamos en el capítulo segundo con todos los criterios de las diferentes normas y leyes que debemos estar inmersos.

Para tales efectos, resulta imprescindible diseñar un sistema de muestreo compuesto (representativo de las descargas contaminantes) en puntos estratégicos del proceso industrial (efluentes separados y combinados), y contar con la participación de un laboratorio de control, que permita establecer los valores que serán utilizados para el diseño del sistema de tratamiento, en los siguientes términos (se han elegido los parámetros de calidad físico química básicos) los mismos que se realizó un análisis comparativo con los límites permisibles de la tabla 11 y 12 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS).

La propuesta de manejo y tratamiento para las aguas residuales de ACOSA, en si está dada luego de evaluar los análisis realizados en laboratorios certificados de las muestras tomadas en los puntos más representativos del proceso y que ejercen mayor contaminación, como es la etapa de desfibrado los mismos y que fueron comparadas con los límites máximos permisibles para la descarga al alcantarillado público, notando que existe principalmente un DBO y DQO elevados, por lo que en el capítulo tercero planteamos la propuesta de tratamiento y manejo que más se acopla a los requerimientos de la empresa, pretendiendo minimizar los efectos que causan dichos vertidos al ser evacuados directamente al alcantarillado público.

## **II PROBLEMATIZACIÓN**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El impacto de la actividad social del hombre sobre el medio ambiente comienza a tomar proporciones considerables a partir de la Revolución Industrial, el crecimiento exponencial de la población mundial y el desarrollo de las sociedades industriales producidas desde el primer tercio del siglo XX que se caracteriza por la producción de cantidades cada vez mayores de desechos y vertidos de aguas residuales y su acumulación en las áreas donde se desarrolla las actividades humanas, generando efectos contrarios en el medio (aire, suelo y agua) de manera irresponsable lo que ha caracterizado a la sociedad capitalista desarrollada.

Esta contaminación generada por las industrias actúa sobre el medio ambiente acuático alterando el delicado equilibrio de los diversos ecosistemas mismos que están integrados por organismos productores, consumidores y descomponedores que interactúan con componentes sin vida originando un intercambio cíclico de materiales.

En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, es decir, mil quinientos millones de personas, que principalmente habitan en los PED (Países en Desarrollo) sufren la expansión industrial que genera una contaminación y escasez severa del agua limpia, lo que ocasiona que en el mundo haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades.

Adicionalmente en el Ecuador, la contaminación causada por los efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las prácticas del uso del suelo, está reduciendo notablemente la disponibilidad de agua utilizable pues se ven notoriamente alterados sus condiciones físicas, químicas y biológicas, según establece la Ley de Aguas Ecuatorianas y su respectiva Norma Ambiental, convirtiendo a este recurso en no apto para su uso.

La provincia de Cotopaxi y por ende la Ciudad de Latacunga esta dentro de este crecimiento tecnológico e industrial, sin estar en contra de éste y a pesar del hecho positivo de tener concentradas las industrias en algunas zonas geográficas de la ciudad potencialmente controlables, en la provincia no existe un ordenado crecimiento industrial que tome en cuenta el impacto ambiental. Así tenemos las fuentes de contaminación del Río Cutuchi, empieza en la zona de Lasso, considerado como el parque industrial de Latacunga, donde existe el mayor número de industrias de la provincia.

Siendo estas industrias quienes generan el agua contaminada en sus distintos procesos, deben ser controladas con el cumplimiento de la Normativa Ambiental vigente y la ordenanza municipal.

El déficit local y regional de agua es debido, entre otras cosas, al aumento de las necesidades surgidas del desarrollo económico y de la alta explosión demográfica en la provincia que según el SISE es del 36% anual, superando a la media nacional que es del 27% que agudizan el problema de la contaminación y la escasez de agua.

El problema de la contaminación de las aguas residuales no tratadas se agudizan cuando esta de por medio la salud de las poblaciones y tomando en cuenta que en ninguna parte de la provincia se constata la existencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales, además que la mayor parte son únicamente agua entubada, con excepcionales casos que poseen sistemas rudimentarios de clorificación del agua. Sin embargo cabe mencionar que muchos sistemas fueron construidos sin plantas de tratamiento y con el pasar del tiempo las tuberías se encuentran deterioradas, tanto en las redes de abastecimiento de agua como en los sistemas de alcantarillado.

La contaminación del aguas es un problema que acarrea múltiples enfermedades agudas, tuberculosis, enfermedades de la piel, y otras que están vinculadas con los vertidos industriales y las condiciones inadecuadas del consumo lo que influye en la alta incidencia de parasitosis en la provincia, agravándose aun más en las zonas donde la población hace uso del

agua de acequias y ríos como el Cutuchi contaminadas, incluso todavía hay familias que acarrear el agua en animales hasta sus hogares desde largas distancias.

Un problema habitual en zonas y poblaciones en las que hay Industrias Madereras, es el vertido de resinas, tales como (amínicas y fenólicas), parafina, endurecedores tales como (sulfato de amonio), generando efluentes en los ríos, con la toxicidad que ello provoca para el medio ambiente y ocasionando molestias a la población vecina, ya que estas aguas generan mala olor y dan un aspecto blancuzco a las aguas de los ríos.

Siendo Aglomerados Cotopaxi una industria en la cual, la utilización del agua en su producción es fundamental, pero la cual es alterada en su composición física, química y biológica, producto de su proceso productivo de tableros de partículas ( aglomerados), tableros MDF, madera aserrada, etc., lo que genera sin duda un problema de contaminación del Río Cutuchí.

### **III FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La inexistencia de una propuesta de tratamiento para el manejo de aguas residuales en la producción maderera de Aglomerados Cotopaxi, es una de las causas de la contaminación del agua, por la cantidad de productos químicos utilizados en sus diversos procesos?.

### **IV OBJETIVOS**

#### **Objetivo general.**

Establecer una propuesta de tratamiento de las aguas residuales, resultantes de los procesos de la fabricación de los distintos productos en la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

#### **Objetivos específicos.**

- Determinar la calidad de agua que ingresa al proceso de fabricación de aglomerados y las causas de contaminación de esta.
- Identificar cuales procesos de la producción maderera y de la tecnología de fabricación de aglomerados afectan mayormente al agua utilizada.
- Conocer mediante los análisis de las aguas resultantes de todo el proceso de fabricación de aglomerados, el grado de contaminación de éstas y establecer propuestas de tratamiento.

## V JUSTIFICACIÓN

El derecho al agua y a su saneamiento es inseparable de los otros derechos de las personas. No puede ser el objeto de cualquier discriminación e implica un respeto por todos, aunque esto exija esfuerzos para preservar cualitativa y cuantitativa este recurso vital de nuestro planeta. Este esfuerzo a realizar concierne a los países del mundo sin excepción, a todos los medios y sectores, desde la agricultura hasta la industria, y a los niveles desde la utilización personal y comunitaria hasta la administración nacional e internacional.

Cada tipo de actividad industrial, según el proceso, vierten aguas residuales caracterizadas por una contaminación determinada de nuestros ríos. De modo general se conocen los parámetros característicos de cada una de ellas, pero es preciso su determinación detallada para valorar su incidencia en el medio receptor y su tratamiento posterior.

Los estudios microbiológicos revelan la presencia de bacterias, virus y parásitos humanos. Por tanto, si son descargadas a ríos u otras fuentes de agua para consumo humano pueden producirse epidemias graves. Así mismo, las aguas servidas pueden causar la muerte de la fauna, especialmente peces, cuando son descargadas en fuentes de agua debido a que consumen oxígeno.

Es especialmente peligroso el uso de las aguas residuales para el cultivo de vegetales destinados al consumo humano, tales como hortalizas que crecen a ras de tierra y se consumen habitualmente crudas, de las cuales son ejemplo la lechuga, el berro, el repollo, el perejil, el cilantro, el apio y los rábanos, ya que estos fijan en sus tejidos los contaminantes y se produce la bioacumulación a través de la cadena trófica.

El problema de las aguas residuales en nuestro país constituye un importante foco de contaminación de los sistemas acuáticos, siendo necesarios métodos de depuración antes de evacuarlas, pues del total de vertido generado por los focos de contaminación, sólo una parte es tratada con algún método de purificación, mientras que el resto será evacuado a sistemas naturales directamente.

En los actuales momentos, existe una imperiosa necesidad de la aplicación de las leyes y normas ambientales en el Ecuador en todas las industrias y que se adapten a las nuevas exigencias mundiales de preservación del medio ambiente. Generando la necesidad de investigar y plantear métodos de tratamiento para minimizar la contaminación de las aguas que producen las industrias, para alcanzar límites permisibles tratándolas antes de que lleguen a los ríos o se infiltren en los suelos.

Muchos son los programas emprendidos en la provincia de Cotopaxi para el uso racional del vital líquido; sin embargo; gran parte de ellos adolecen de objetividad, ya sea por su difícil aplicación o por el elevado costo que representan; es más, se ataca el problema desde puntos de vista sofisticados (se piensa que el modelo más complicado es el mejor); sin embargo existen oportunidades valiosas que están a nuestro alcance, que solo requieren ser visualizadas, un tratamiento técnico simple y "conciencia de todos".

Para la elaboración de nuestro estudio hemos elegido a la empresa de Aglomerados Cotopaxi de la ciudad de Latacunga porque no cuenta con estudio de esta naturaleza y constituye una de las industrias principales de la provincia de Cotopaxi.

Nuestra investigación tiene como finalidad establecer una propuesta de tratamiento adecuadas para las aguas residuales provenientes de la industria de los aglomerados, ya que son causantes de contaminación en suelos, cultivos y agua de riego del sector aledaño a la empresa, porque existe confrontación de la población afectada hacia la empresa.

Aglomerados Cotopaxi una Industria consiente del daño que genera el mal manejo de las aguas residuales, se ve en la necesidad de implementar una propuesta de manejo adecuado para el tratamiento de los vertidos que generan los distintos procesos a que es sometida la madera y que contaminan el agua, ya que de ese tratamiento depende la calidad del vertido final, aspectos que repercuten en el mejoramiento del medio ambiente y al sistema de gestión ambiental de la empresa

Lo que se busca es que el agua que se va a evacuar al río deberá estar libre de patógenos, alcanzando minimizar la contaminación de las aguas y del medio ambiente.

# CAPÍTULO I

## 1.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Todos los temas seleccionados proporcionaran una visión sintética del problema de la contaminación del agua, a la vez que plantean posibles salidas y soluciones desde la perspectiva bibliográfica la misma que la llevaremos a la práctica.

### 1.1. El agua.

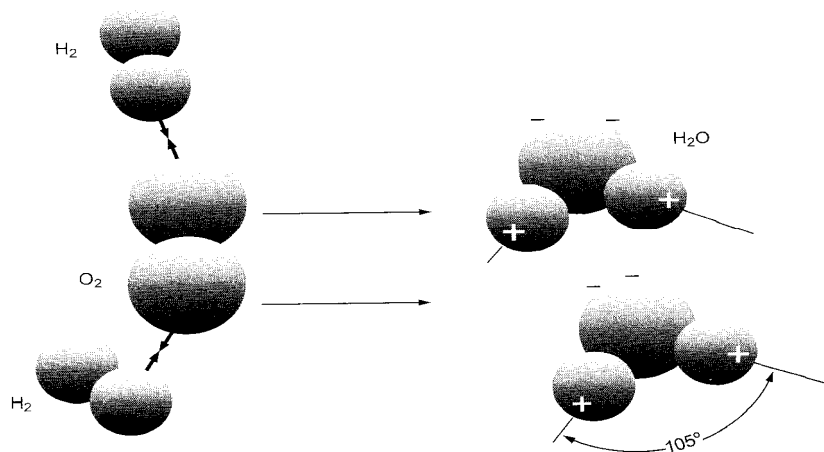
El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales, y junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo.

El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal compuesto molarmente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En la práctica, llamamos agua a las soluciones y suspensiones acuosas de sustancias orgánicas e inorgánicas como las que constituyen la lluvia, el mar los lagos y los ríos. Entre las propiedades del agua se destacan:

- Punto de fusión: 0°C
- Punto de ebullición: 100 °C
- Densidad relativa: 1,0 a 4°C
- Densidad: 1,0 kg/L a 4°C

- Masa molecular o mol = 18 g. Como existen tres isótopos de hidrógeno y tres de oxígeno, se pueden tener dieciocho diferentes masas moleculares para el agua.
- En la molécula de agua, los dos átomos de hidrogeno están localizados sobre el mismo lado del átomo de oxígeno, con sus enlaces separados  $105^\circ$  (ver figura).
- La molécula de H<sub>2</sub>O es una molécula fuertemente dipolar, debido a la carga positiva del hidrogeno y a la carga negativa del oxígeno; está cargada positivamente del lado del hidrogeno y cargada negativamente del lado del oxígeno, característica que hace que las moléculas se aglomeren. El hidrogeno de una molécula atrae el oxígeno de una molécula vecina, creando un enlace molecular conocido como enlace de hidrogeno.

**Gráfico N 1 Naturaleza bipolar del agua.**



**Fuente: Jairo Romero (Calidad del agua 2002)**

- El agua, por su carácter dipolar, tiene el poder de rodear un ion cargado positivamente con la parte negativa de su molécula o de rodear un anión con la parte positiva. De esta manera puede aislar el ion de los demás que lo rodean, neutralizar las fuerzas de atracción que hacen que mantenga su estructura sólida y así disolver e ion; por ello se le llama solvente universal.
- El agua se mantiene líquida en un intervalo conveniente de temperatura.
- El agua es un solvente ionizante.

- El agua es una de las sustancias con mayor calor específico, razón por la cual su capacidad calorífica es muy grande; es decir, se requiere mucho calor para calentarla y mucho frío para enfriarla. La capacidad calorífica, calor específico del agua o cantidad de calor atmosférico es de 1 cal/g °C o 4,186 J/g °C. Debido a su enlace de hidrógeno, el agua exhibe una tensión superficial alta y permite su elevación dentro de un tubo capilar.
- Es transparente a los rayos solares en una región conveniente de espectro.
- Interviene en equilibrios ácido base y en los de óxido reducción.

Siendo uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza que cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, en contra de lo que pudiera parecer, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano. Más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas, y no están disponibles para casi ningún propósito. Del 3% restante, por encima del 2% se encuentra en estado sólido, hielo, resultando prácticamente inaccesible. Por tanto, podemos terminar diciendo que para el hombre y sus actividades industriales y agrícolas, sólo resta un 0,62 % que se encuentra en lagos, ríos y agua subterráneas. La cantidad de agua disponible es ciertamente escasa, aunque mayor problema es aún su distribución irregular en el planeta.

### ***1.1.1. Importancia de la calidad del agua.***

La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Como dermatitis, erupciones cutáneas, hongos, y otras gástricas como parasitosis, rota virus, tifoidea etc.

Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

El uso de los recursos naturales provoca un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen y en los ecosistemas en donde se utilizan. El caso del agua es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro de agua significa una mayor carga de aguas residuales. Si se entiende por desarrollo sostenible aquel que permita compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas.

Hay que considerar también que el hombre influye sobre el ciclo del agua de dos formas distintas, bien directamente mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas como se ha dicho, o bien indirectamente alterando la vegetación y la calidad de las aguas.

Nuestro mundo por muchos años ha sido descuidado y maltratado por nosotros los seres humanos. La industrialización y el modernismo son algunos factores que ayudan a la contaminación de nuestro ambiente. ([http://members.es.tripod.de/bern/agua\\_depuracion.html](http://members.es.tripod.de/bern/agua_depuracion.html) (Medioambiente y el Agua), 25 julio de 2007.)

Para la ecología el agua tiene un doble valor, por una parte es un elemento del ecosistema y es consecuentemente un activo social, por otra es generador de ecosistemas.

Por ser cuestiones muy importantes a considerar, cuando se trata de llevar a cabo aprovechamientos de agua, la conservación de las especies y de los ecosistemas afectados, no podemos olvidar la función que realiza el agua cuando fluye, de modo variable, desde las cabeceras de los ríos hasta el mar, puesto que moviliza y distribuye elementos químicos tan importantes para la vida como el fósforo o el anhídrido carbónico.

### ***1.1.2 Ciclo hidrológico***

Se conoce como ciclo hidrológico al sistema integrado de generación, circulación y distribución del agua en sus tres medios distribuidos en la atmósfera, los océanos y los continentes. Estas tres etapas, pueden constituirse; deduciéndose que la primera constituida por la evaporación de la agua desde los océanos es el mayor aporte de humedad a la atmósfera, la segunda constituida por la devolución del agua de la atmósfera a la tierra, mediante las lluvias y la tercera constituida por la circulación del agua a través de la tierra hasta los océanos.

De igual forma, mediante el ciclo hidrológico se realiza una serie de intercambios de humedad entre la atmósfera, la tierra y el mar, que conlleva un cambio de estado del agua en sus tres formas: líquida, sólida y gaseosa. De toda esta agua que cae en los continentes en forma de lluvia, un 25% aproximadamente regresa a los océanos por canales naturales tales como quebradas y ríos, los cuales constituyen la mayor fuente de abastecimiento para el consumo humano, industria y agricultura. (www.agua market.com(agua), 28 de julio de 2007.)

## **1.2. Uso del agua y sus contaminantes.**

El agua es indispensable para cualquier actividad: la industrial, la agrícola y la urbana ya que promueve su desarrollo económico y social.

Con el propósito de alcanzar un manejo sustentable del recurso futuro, es necesario que todos los ciudadanos conozcamos la situación real del agua y participemos con las instituciones gubernamentales en la toma de decisiones para el manejo responsable del agua.

El agua está en muchos lugares: En las nubes; en los ríos, en la nieve y en el mar, también está donde no la podemos ver, como en el aire mismo, en nuestro cuerpo, en los alimentos y bajo la tierra. Además, el agua cambia de un lugar a otro.

El agua es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país; por eso debemos aprender a no desperdiciarla.

Todos sabemos que el agua es indispensable para la vida y que si dejáramos de tomarla moriríamos en pocos días.

Un 70% de nuestro cuerpo está constituido por agua; encontramos agua en la sangre, en la saliva, en el interior de nuestras células, entre cada uno de nuestros órganos, en nuestros tejidos e incluso, en los huesos.

Además de agua para beber, nosotros los seres humanos utilizamos agua en casi todas nuestras acciones, es decir, la requerimos para preparar alimentos, lavar ropa o trastes, aseo personal, riego de cultivos, cría de animales, fabricación de productos, producción de energía, etc.

Como sabemos, el agua es un líquido incoloro, insípido e inodoro; es decir, no tiene color, sabor ni olor cuando se encuentra en su mayor grado de pureza. Es un elemento vital ya que sin ella no sería posible la vida de los seres vivos (animales o plantas).

Se llama agua potable a la que se puede beber y aguas minerales a las que brotan generalmente de manantiales y son consideradas medicinales para ciertos padecimientos. Las aguas duras se caracterizan porque, si se hierven, dejan en el fondo del recipiente un residuo calcáreo; no sirven para beberlas y como no producen espuma con el jabón tampoco sirven para lavar.

El agua potable es indispensable para la vida del hombre, pero escasea en la medida que la población aumenta y porque lamentablemente es desperdiciada por personas ignorantes y carentes del sentido de responsabilidad y solidaridad humana. Después del aire, el agua es el elemento más indispensable para la existencia del hombre. Por eso es preocupante que su obtención y conservación se esté convirtiendo en un problema crucial; por ello debemos empezar a actuar.

El agua ha sido importante en nuestro planeta desde que se inició la vida, reflejándose en la historia. En nuestro país, antes de que llegaran los Españoles los indígenas adoraban a dioses de la lluvia; indispensables para que el agua no faltara.

Los Nahuas creían que los niños eran un regalo de los dioses y que antes de ser niños, nadaban en el agua en forma de pececitos de jade.

Los antiguos griegos consideraban que el agua era uno de los cuatro elementos básicos del universo. Esta creencia viajó por todo el mundo durante siglos sin perder fuerza; hoy, los científicos afirman que el agua existió desde la formación de la Tierra y que en los océanos se originó la vida.

El agua siempre ha estado presente: en mitos o leyendas, en una cascada, para la limpieza, para calmar la sed o como medio de transporte. Pero, más que ser famosa, el agua es una “estrella” de actualidad porque ahora se saben más detalles del agua que son vitales para que nuestro planeta siga funcionando, por ejemplo:

- 1.- Regula el clima de la Tierra conservando temperaturas adecuadas.
- 2.- Su gran fuerza genera energía.
- 3.- El agua de la lluvia limpia la atmósfera que está sucia por los contaminantes.
- 4.- En los poblados y ciudades el agua se lleva los desechos de las casas e industrias.

Todo eso hace que el agua sea un elemento insustituible y muy valioso que debemos cuidar.

Se necesita la participación de los miembros de la sociedad para que desde cada una de sus actividades: en el hogar, en el trabajo, en la escuela, en la comunidad, en las áreas de recreación, consideren el valor del agua haciendo uso eficiente del recurso y cuidando de no regresarla tan contaminada para preservar la calidad de las reservas naturales del agua.

Así la participación ciudadana en la toma de decisiones para el uso del agua, se complementa con aquellas que se llevan a cabo de manera institucional a través de las Comisiones Estatales del Agua, los Consejos de Cuencas y los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas.

### ***1.2.1. Contaminación de las aguas.***

Podemos definir a la contaminación del agua como, la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

La contaminación del agua por tuberías de desechos debe ser controlada de alguna manera.

El déficit local y regional de agua es debido, sobre todo, al aumento de las necesidades surgidas del desarrollo económico y de la explosión demográfica. El hombre ha utilizado el agua para fines cada vez más numerosos, y su dependencia de ese elemento no ha hecho más que crecer.

El recurso agua es cada vez más apreciado, tanto para uso doméstico industrial o agrícola. Su escasez, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas, la sitúan como prioridad vital para el desarrollo de las poblaciones: "si no hay agua, no hay vida". Muchos son los programas emprendidos para el uso racional del vital líquido; sin embargo; gran parte de ellos adolecen de objetividad, ya sea por su difícil aplicación o por el elevado costo que representan; es más, se ataca el problema desde puntos de vista sofisticados (se piensa que el modelo más complicado es el mejor); sin embargo existen oportunidades valiosas que están a nuestro alcance, que solo requieren ser visualizadas, un tratamiento técnico simple y "conciencia de todos".

Mucho se habla de las plantas tratadoras para reutilización del agua en ciertas actividades donde no se requiere la calidad de potable (claro, dado el acondicionamiento de las aguas degradadas). Pero hemos olvidado que también hay desperdicios que no están a la vista y por ello no les ponemos atención.

Adicionalmente, la contaminación causada por los efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las prácticas del uso del suelo, está reduciendo notablemente la disponibilidad de agua utilizable. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, es decir, mil

quinientos millones de personas, que principalmente habitan en los PED (Países en Desarrollo) sufren escasez severa de agua limpia, lo que ocasiona que en el mundo haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades hídricas. (www.aguamarket.com(agua), 28 de julio de 2007.)

### ***1.2.2. Principales contaminantes del agua.***

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Aguas residuales y otros agentes infecciosos y residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.

El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen. (www.agua market.com(agua), 28 de julio de 2007.)

### **1.3 Causas y efectos de la contaminación del agua.**

#### ***1.3.1 Causas de la contaminación del agua.***

Las causas de la contaminación del agua incluyen las que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

Los lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a la contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo contribuyen en gran medida a este proceso. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor del agua, y un cúmulo de algas o verdín que puede resultar estéticamente poco agradable, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras. Otro problema cada vez más preocupante es la lluvia ácida, que ha dejado muchos lagos del norte y el este de Europa y del noreste de Norteamérica totalmente desprovistos de vida. (HERNANDEZ Rossié, Armando, Macías, Gonzáles José, 2003.)

### ***1.3.2 Efectos y Consecuencias que acarrear los vertidos.***

Entre los efectos que acarrear los vertidos hacia las aguas podemos citar los siguientes como los más principales.

#### ***1.3.2.1. Aparición de fangos y flotantes.***

Existen en las aguas sólidos en suspensión de gran tamaño que cuando llegan a los cauces naturales pueden dar lugar a la aparición de sedimentos de fango en el fondo de dichos cauces, alterando seriamente la vida acuática a este nivel, ya que dificultará la transmisión de gases y nutrientes hacia los organismos que viven en el fondo.

Por otra parte, ciertos sólidos, dadas sus características, pueden acumularse en las orillas formando capas de flotantes que resultan desagradables a la vista y además, pueden acumular otro tipo de contaminantes que pueden llevar a efectos más graves.

#### ***1.3.2.2. Agotamiento del contenido en oxígeno.***

Los organismos acuáticos precisan del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir. Cuando se vierten en las masas de agua, residuos que se oxidan fácilmente, bien por vía química o por vía biológica, se producirá la oxidación con el consiguiente consumo de oxígeno en el medio.

Si el consumo de oxígeno es excesivo, se alcanzarán niveles por debajo del necesario para que se desarrolle la vida acuática, dándose una muerte masiva de seres vivos.

Además, se desprenden malos olores como consecuencia de la aparición de procesos bioquímicos anaerobios, que dan lugar a la formación de compuestos volátiles y gases.

#### ***1.3.2.3. Daño de los efluentes a la salud pública.***

Los vertidos de efluentes residuales a cauces públicos, pueden fomentar la propagación de virus y bacterias patógenos para el hombre.

#### ***1.3.2.4. Eutrofización.***

Un aporte elevado de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos propicia un desarrollo masivo de los consumidores primarios de estos nutrientes; zoo y fitoplancton y plantas superiores. Estas poblaciones acaban superando la capacidad del ecosistema acuático, pudiendo llegar a desaparecer la masa de agua. (ROMERO Rojas, Jairo Alberto, 2002.)

### **1.4. Tipos de contaminación.**

Se clasifican según el factor ecológico que altere, aunque suelen afectar a más de un factor.

#### ***1.4.1. Contaminación física.***

Las sustancias que modifican factores físicos, pueden no ser tóxicas en sí mismas, pero modifican las características físicas del agua y afectan al hábitat acuático.

- Sólidos en suspensión, turbidez y color
- Agentes sensoactivos
- Temperatura

#### ***1.4.2. Contaminación química.***

Algunos efluentes cambian la concentración de los componentes químicos naturales del agua causando niveles anormales de los mismos. Otros, generalmente de tipo industrial, introducen sustancias extrañas al medio ambiente acuático, muchos de los cuales pueden actuar en deterioro de los organismos acuáticos y de la calidad del agua en general. En este sentido es en el que puede hablarse propiamente de contaminación.

- Salinidad
- pH
- Sustancias altamente tóxicas
- Desoxigenación

### ***1.4.3. Contaminación por agentes orgánicos.***

Son los efectos de la descarga de material biogénico, que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. El aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provoca cambios en las cadenas alimentarias.

Un aumento en la concentración de nutrientes provoca el desarrollo de organismos productores, lo que también modifica el equilibrio del ecosistema.

Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria.

Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

- 1. Proteínas.-** Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.
- 2. Carbohidratos.-** Incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.
- 3. Aceites y grasas.-** Altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.
- 4. Otros.-** Incluiremos varios tipos de compuestos, como los tensoactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad. (ROMERO Rojas, Jairo Alberto, 2002.)

## **1.5. Aguas residuales**

La contaminación actúa sobre el medio ambiente acuático alterando el delicado equilibrio de los diversos ecosistemas integrado por organismos productores, consumidores y descomponedores que interactúan con componentes sin vida originando un intercambio cíclico de materiales.

Aunque el hombre no es un ser acuático, ha llegado a depender intensamente del medio ambiente acuático para satisfacer sus necesidades tecnológicas y sociales.

No se pretende afirmar que antes de llegar el hombre con su tecnología, el agua era pura. Aún después de la aparición del hombre, transcurrieron muchos años antes de que hubiera ningún cambio en el ambiente. Cuando las poblaciones empezaron a verter sus desechos en ríos y lagos fue cuando las aguas se deterioraron.

Las aguas residuales constituyen un importante foco de contaminación de los sistemas acuáticos, siendo necesarios los sistemas de depuración antes de evacuarlas, como medida importante para la conservación de dichos sistemas.

Las aguas residuales contaminadas, son las que han perdido su calidad como resultado de su uso en diversas actividades. También se denominan vertidos. Se trata de aguas con un alto contenido en elementos contaminantes, que a su vez van a contaminar aquellos sistemas en los que son evacuadas.

Del total de vertido generado por los focos de contaminación, sólo una parte será recogida en redes de saneamiento, mientras que el resto será evacuado a sistemas naturales directamente.

### ***1.5.1 Tipos de aguas residuales***

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición.

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

### ***1.5.1.1. Aguas residuales urbanas.***

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias patógenas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora.

Los aportes que generan esta agua son:

- aguas negras o fecales
- aguas de lavado doméstico
- aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas
- aguas de lluvia y lixiviados

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc. (www.who-int/water\_sanitation\_health: (Purificación de El agua), 2007)

### ***1.5.1.2. Aguas residuales industriales***

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

Las características de las aguas residuales industriales difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Estas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso. ([www.who-int/water\\_sanitation\\_health](http://www.who-int/water_sanitation_health): (Purificación de El agua), 03 de agosto de 2007.)

### ***1.5.1.3. Aguas residuales Agrícolas.***

La agricultura, la ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales. (HERNANDEZ Rossié, Armando, Macías, González José, 2003.)

## **1.6. Contaminantes habituales en las aguas residuales.**

### ***1.6.1. Arenas***

Entendemos como tales, a una serie de particular de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

### ***1.6.2. Grasas y aceites***

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

### ***1.6.3. Residuos con requerimiento de oxígeno.***

Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo un consumo de oxígenos del medio. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.

### ***1.6.4. Nitrógeno y fósforo***

Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

### ***1.6.5. Agentes patógenos***

Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

### ***1.6.6. Otros contaminantes específicos***

Incluimos sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc. como lo es el caso de la producción y tecnología de la madera. (HERNANDEZ Rossié, Armando, Macías, Gonzáles José, 2003. )

## **1.7. Métodos de tratamiento de aguas residuales.**

Para nuestro propósito detallaremos los métodos analíticos, así como los tratamientos físico-químicos más utilizados.

### ***1.7.1. Métodos analíticos para el control de la calidad del agua.***

#### ***1.7.1.1. Color, olor y sabor.***

La coloración de un agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez.

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados.

El olor puede ser definido como el conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El procedimiento normalmente utilizado es el de ir diluyendo el agua a examinar hasta que no presente ningún olor perceptible. El resultado se da como un número que expresa el límite de percepción del olor, y corresponde a la dilución que da olor perceptible. Debido al carácter subjetivo de la medida, es recomendable que la medida la realicen al menos dos personas distintas, comparando la percepción con la de un agua desodorizado. Debe evitarse, como es lógico, en todo lo posible, la presencia de otros olores en el ambiente.

Por último, la evaluación del sabor, se realiza por degustación del agua a examinar, comenzando por grandes diluciones, que se van disminuyendo hasta la aparición del sabor. Este ensayo no se realiza más que en aguas potables.

#### ***1.7.1.2. Turbidez.***

La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión. Finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas. La determinación de la turbidez tiene un gran interés como parámetro de control en aguas contaminadas y residuales. Se puede evaluar en el campo o en el laboratorio.

#### ***1.7.1.3. Materia sólida.***

La materia sólida presente en un agua suele agruparse en tres categorías; materias decantables, materias en suspensión y residuos.

La materia decantable se determina dejando en reposo un litro de agua en un cono o probeta graduada. El resultado se expresa como mililitros de materia decantada por litro de agua.

La determinación de las materias en suspensión en el agua puede realizarse por filtración o por centrifugación. La filtración se realiza a vacío sobre un filtro. El filtro con el residuo es nuevamente secado y pesado. La diferencia entre este peso y el que teníamos antes del filtro solo, proporciona el valor de los sólidos.

#### ***1.7.1.4. Ph.***

Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

Este método se utiliza si se quiere obtener medidas muy precisas y puede aplicarse a cualquier caso particular. (Ver anexo 3)

#### ***1.7.1.5. Dureza.***

También llamada grado hidrotimétrico, la dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio. (Ver anexo 3)

#### **1.7.1.6. Acidez y alcalinidad.**

La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles.

La alcalinidad de un agua corresponde a la presencia de los bicarbonatos, carbonatos de hidróxidos.

La depuración de las aguas residuales es un proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible la contaminación que lleva un vertido antes de que éste incida sobre un cauce receptor, de forma que los niveles de contaminación que queden en el efluente ya tratado puedan ser asimilados de forma natural. (Ver anexo 3)

#### **1.7.1.7. Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.)**

Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O<sub>5</sub>.

Según las reglamentaciones, se fijan valores de D.B.O. máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo.

#### ***1.7.1.8. Demanda química de oxígeno. (DQO).***

Demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido y se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg O<sub>2</sub>/L). La materia orgánica se oxida hasta dióxido de carbono y agua, mientras el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco.

La DQO permite hacer estimaciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que a su vez es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; el término degradable puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias; a mayor DBO, mayor grado de contaminación.

La DQO es una medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y en los efluentes de aguas domésticas y plantas industriales, pero no es un indicador del carbono orgánico total presente en el cuerpo de agua, puesto que algunos compuestos orgánicos no son oxidados por el dicromato de potasio, mientras que algunos compuestos conocidos o denominados como inorgánicos sí lo son. ([www.uam.es/fguam/Fse/cursos99/ciencias/ci15.html](http://www.uam.es/fguam/Fse/cursos99/ciencias/ci15.html) (Curso impartido por el Profesor José Luís Sanz sobre regeneración de aguas residuales), 25 de julio de 2007.)

## **1.8. Tecnología de la madera**

La primera fase consiste en el abatimiento del tronco, en el corte de las ramas y de la copa, y en ciertos casos en el descortezado.

Generalmente, se trabaja con sierras portátiles, accionadas por motores de explosión, cuyos dientes están encajados en una cadena, estas sierras pueden cortar con facilidad troncos de más de 1 m de diámetro y se encuentran en el mercado en una amplia gama de tipos en lo que se refiere a dimensiones, potencia, velocidad de avance de los dientes, dimensiones de estos, etc. En función de los troncos que se han de cortar, el tipo de la sierra puede variar mucho, ya sea por las proporciones de árbol o por las características de su madera, abatir el tronco de una conífera, relativamente blando, no es lo mismo que abatir un árbol de caoba o una encina.

### ***1.8.1. Transporte.***

El árbol derribado, privado ya de las ramas y de la copa, es decir, reducido a un tronco en bruto, se transporta a la serrería, el transporte no constituye un problema de fácil solución, especialmente en las zonas de los grandes bosques, donde muy a menudo las serrerías están situadas a varios kilómetros en un terreno abrupto y accidentado, en algunos casos, los troncos, agrupados, son arrastrados mediante cadenas por tractores a una zona de almacenamiento, desde donde, por tren, en camiones con remolque o aprovechando un curso de agua (canal o río), se trasladarán a los centros industriales.

En determinados casos se utilizan tractores- oruga, equipados con grandes garfios accionados oleodinámicamente, que agarran el tronco desde arriba, lo levantan y cargan en camiones o en vagones de ferrocarril. Con frecuencia se emplean también toboganes deslizantes movidos por chorros de agua o de canalizaciones provisionales de madera recorridas por cursos de agua de carácter torrencial o rápido.

En el transporte mediante cursos de agua, llamado normalmente por flotación, los troncos pueden estar libres y seguir la corriente hasta una barrera con desviación, donde esta la serrería, o bien se pueden reunir en grupos para ser arrastrados por un remolcador, o se atan constituyendo balsas provisionales denominadas armadías, que se descomponen al llegar al punto de destino. Además de ser muy económico, el transporte por flotación implica el inicio del progreso de lavado que el tronco que el tronco descortezado a de experimentar como primer tratamiento de su acondicionado, con el fin de hacerlo menos sensible a las variaciones ambientales y más resistentes a las deformaciones y a la acción de los agentes atmosféricos.

### ***1.8.2. Las serrerías.***

Las serrerías pueden ser de diversas dimensiones: desde la empresa de tipo artesanal, propia de zonas subdesarrolladas, hasta las gigantescas instalaciones soviéticas, canadienses, suecas, estadounidenses, etc.

A las que llega el tronco prácticamente virgen y sale la madera en forma de postes, vigas, tablones y tablas aún sin labrar, pero lavados y desecados.

Cuando el producto, total o parcialmente, está destinado a ser utilizado en mampostería, construcción de puentes, cubiertas traviesas de ferrocarril o postes telegráficos y eléctricos de madera se trata antes en grandes instalaciones, normalmente en caliente, a veces alternando fases de compresión, o bien por medio de sustancias químicas (aceite de alquitrán, Creosota, sulfato de cobre, y cloruro de cinc). Estos tratamientos proporcionan excelentes resultados prácticos y económicos: traviesas de ferrocarril, postes telegráficos, etc.

Sin ningún revestimiento protector pueden prestar servicios durante décadas sin requerir ningún tipo de mantenimiento y sin alterarse, a pesar de que están directamente expuestos a los agentes atmosféricos y al ataque de insectos y sometidos a sollicitaciones mecánicas considerables.

Por tanto la serrería, además de estar equipada con baterías de sierras circulares o de movimiento alterno, para efectuar la primera elaboración de la madera que llega, comprende

en general instalaciones de lavado, de desecación, y a menudo equipos para realizar tratamientos especiales; además dispone siempre de amplias zonas adyacentes que hacen de depósito para el almacenamiento, y cuando no hay otros medios para proceder a la ventilación de troncos.

En otro tiempo para obtener un acondicionamiento satisfactorio, la madera, en tronco o serrada, permanecía expuesta al aire, bajo cobertizo, durante varios años. Con la gran expansión actual de las serrerías a causa de la demanda cada vez mayor de madera, periodos de aireación tan largos resultarían antieconómicos, ya que los depósitos deberían tener colosales proporciones.

### ***1.8.3. Topología de la madera.***

La clasificación de la madera puede realizarse a partir de diversos parámetros. Por su textura (cualidad de cohesión entre fibras internas), se distinguen maderas blandas, ligeras o tiernas y maderas duras.

Ejemplo de maderas blandas son las provenientes de las gimnospermas, tales como por ejemplo las coníferas (pinos, abetos, cedros, cipreses, enebros). Su madera es más apropiada para usos, industriales aunque no todas las especies presentan el mismo grado de compacidad. Especialmente en el ámbito de las coníferas resinosas hay una gran diferencia entre la albura (leño vivo) y el duramen (el leño muerto). El segundo es más oscuro, de superior dureza y mayor cohesión. En general la madera de las coníferas tiene una gran resistencia a desprenderse de la humedad y los procesos de secado para proceder a su deshinchamiento son costosos. Así mismo son resistentes sobre todo a la compresión y desgarro. La más apreciada de maderas de coníferas son las llamadas Douglas Fir, de la especie *Pseudotsuga menziesii*, el abeto oloroso o abeto de Douglas, muy difundido en América del norte.

Las aplicaciones de la madera de las coníferas se realizan en calafatería, construcción, para puentes, postes de tendidos, revestimientos de todo tipo, puertas, ventanas y en ebanistería en

general; pero sus debilidad frente a los mohos y hongos obliga, en los usos al aire libre, a recubrirlas con capas de barnices y pinturas especiales.

Igualmente proporcionan celulosa para la fabricación de papel, especialmente las especies de Canadá y Estados Unidos. De sus resinas se extraen, por otra parte sustancias como la trementina, usada en la industria de los colorantes y barnices. Del leño muerto, por destilación se extrae el alquitrán de madera, así como ácido acético, alcohol metílico, y disolventes diversos.

La mayor parte de maderas duras provienen de las angiospermas (adedul, chopo, haya, etc) y se las denomina también maderas frondosas. Su gran compacidad su resistencia a la tracción y su relativamente fácil secado las hacen idóneas para fabricar muebles de artesanía previstos para larga duración, siendo su precio muy costoso en Argentina se emplea la madera del quebracho para fabricar las traviesas del ferrocarril y como piso de las casa debido a su gran resistencia.

#### ***1.8.4. Tratamientos de la madera.***

Entre los principales tratamientos a que se somete la madera cabe destacar los procesos de curvad, flexibilización, prensado e impregnación. Seguidamente se indican las principales características de los mismos.

##### ***1.8.4.1. Curvado.***

Se hace con maderas vaporeadas, cocidas o plastificadas por la acción del calor, mediante el procedimiento de thonet (descargando la zona extendida, utilizando para ello un flejo de acero). Se trata de un proceso especialmente apto para la fabricación de muebles paraguas bastones para estar operaciones la materia prima mas apropiada son las maderas de fresno cerezo hacy , arce, abedul, almo, acción blanca y roble.

#### ***1.8.4.2. Flexibilización.***

Se obtiene por cocción vaporeada a presión inferior a la atmosférica y recalcada en la dirección de las fibras. El producto de esta proceso es la denominada madera plástica, mezcla de aserrín con aglomerantes (casi siempre esteres de celulosa), que se acostumbra unir sólidamente con las maderas naturales. Este conjunto, una vez endurecido puede repasarse barnizarse y pulimentarse con relativa facilidad.

Se utiliza sobre todo en los trabajos de carpintería y ebanistería en la construcción de carrocerías para modelaos de fundición para fabricar aparatos ortopédicos, etcétera.

#### ***1.8.4.3. Prensado.***

Se obtiene con este tratamiento la denominada madera cilíndrica casi siempre proveniente del álamo comprimido en una dirección transversal a la fibra mediante proceso de laminación o de martilleo; se la utiliza para fabricar placas de asiento entre los carriles y las traviesas. A veces se emplea también la madera de haya comprimida en dos direcciones perpendiculares a la fibra por los mismos métodos que la anterior; encuentra uso en la fabricación de casquillos para cojinetes, dientes para ruedas de molino, mazos guías para esqués, etcétera.

#### ***1.8.4.4. Impregnado.***

Diversas maderas se someten a tratamientos de impregnación con el fin de aumentar su densidad (agentes impregnantes), soluciones minerales, sobre todo el ácido silícico mejorar su dureza y su resistencia mecánica (agentes: soluciones de sales metálicas y resinas artificiales especialmente el formaldehído fenólico) reducir el rozamiento (agentes: grafito coloidal metal fundido aceites y grasas) y para mejorar las propiedades eléctricas (agentes: hidrocarburos y resinas artificiales).

### ***1.8.5. Maquinaria***

En el proceso tecnológico de transformación de la madera una vez lavada y desecada intervienen diversos tipos de maquinas los principales se describen a continuación.

#### ***1.8.5.1. Sierras.***

Fundamentalmente se utilizan para dividir la madera; el tipo de sierra empleado esta en función de la clase de la clase de materia prima que se ha de trabajar en ese sentido cabe distinguir los siguientes tipos de maquinas aserradoras:

- Sierras de movimientos rectilíneos alternativos. En ellas el movimiento principal o de coste es efectuado por un mecanismo de biela-manivela corriente. Se subdividen a partes las utilizadas para apear árboles en sierras de sacar tablas con bastidor vertical mediante las cuales se dividen longitudinalmente los troncos y bloques ya desbastados con el fin de obtener tablones y tablones y sierras de sacar tablas con bastidor horizontal en las que por regla general el bastidor solo dispone de un elemento serrador que presentan la ventaja de efectuar cortes
- Sierras con movimiento principal circular. Trabajan con una hoja flexible con los extremos soldados entre si que pasa sobre dos poleas como si se tratara de una correa de transmisión. Se utilizan principalmente para dividir y escuadrar troncos y para obtener tablones y tablas estando muy difundidas en los talleres de carpintería.
- Sierras circulares de disco. Presentan una herramienta circular provista de dientes en toda la periferia y con gran velocidad de giro. Son de uso muy diversos según la elaboración de que se trata desde la obtención de listones hasta la producción de tablones y tablones (cabe destacar las sierras circulares finas especiales para obtener tablas muy delgadas de hasta 3 – 10 mm).
- Sierras cilíndricas o de tambor. Estas sierra resultan apropiadas para cortar discos de madera y para abrir agujeros circulares de gran diámetro.

### ***1.8.5.2. Acepilladoras.***

El objetivo de estas maquinas es el pulimento y alisado de las maderas, con el fin de suavizar las superficies para facilitar las posteriores operaciones. A continuación se describen los principales tipos.

- Acepilladoras propiamente dichas. Transforman en superficies lisas y planas las caras de las tablas y de los listones provenientes del proceso del aserradero superficies estas que sirven de guía para sucesivas operaciones de acabado.
- Máquinas de machihembrar. se encarga de labrar en los cantos longitudinales de las tablas y los listones, una ranura o lengüeta para facilitar su unión y constituir una sola pieza.
- Máquinas de regueras o regruesadoras. acepillan ambas caras de las tablas para obtener dos superficies paralelas que proporcionan una pieza del espesor uniforme deseado.

Máquinas ranuradoras. Sirven para labrar ranuras Y molduras de poca profundidad en tablas y listones (trabajo que también puede realizarse con las acepilladoras propiamente dichas).

### ***1.8.5.3. Fresadoras.***

Fundamentalmente se emplean en el labrado de superficies perfiladas. Para ello utilizan unas fresas cuyos dientes cortan por uno o dos bordes, con gran capacidad de avance y profundidad de corte. Entre los diversos tipos de fresadora existente en el mercado destacan los que se describe a continuación.

Fresadora de Mesa o Tablero.- Denominada también tupí, presenta un amplio campo de trabajo en el labrado de piezas de madera.

Fresadora de Copiar.- Se utilizan para la reproducción automática de modelos de piezas con secciones y perfiles disimétricos (patas de sillas, radios para ruedas de carros, hélices de avión, etc.).

Fresadoras con fresa Suspendida.- están caracterizadas por una fresa de eje vertical, móvil, suspendida de un soporte de aire se emplean para fresar ranuras y molduras.

Fresadoras de Mangos.- Son muy utilizadas para la fabricación en serie de cuerpos de revolución: mangos de herramientas, empuñadoras y todo tipo de piezas circulares u ovaladas.

#### ***1.8.5.4. Taladradoras.***

Empleadas para la formación de la madera, pueden ser al igual que las taladradoras para metales, de uno o dos husillos. Entre los tipos principales destacan las cajas de ensambladura, máquinas de barrenar nudos, capaces de perforar la pieza de madera en todo su espesor, o cuando conviene, solo en parte; máquinas de abrir agujeros cuadrados, etc.

#### ***1.8.5.5. Tornos.***

En la carpintería del siglo XIX y épocas anteriores resultaban ser máquinas esenciales (las Patas de las mesas y sillas eran todas de sección redonda, con diámetros variables). En la actualidad se usan cada vez menos, tanto que han desaparecido ya, en mucha carpinterías e industrias productoras de muebles. Solo se les encuentra normalmente en determinadas fábricas especializadas en la construcción de sillas y de algunos otros elementos artesanales.

### ***1.8.6. Máquinas auxiliares.***

En las instalaciones industriales con equipos fijos existen las denominadas máquinas auxiliares, cuya finalidad es completar y facilitar la labor de las máquinas básicas.

Entre estas máquinas cabe destacar la función de las afiladoras, ingenios especialmente adecuados para el afilado de las cuchillas de las aserradoras, de las acepilladoras y de las fresadoras; han de ser manejadas por personal muy experto.

También revisten notable importancia unas soldadoras, de pequeñas y medianas dimensiones, empleadas para conectar los extremos de las cintas dentadas con el fin de convertirlas en un aro serrador activo.

En el mercado existen también máquinas portátiles para el trabajo de la madera, resultan especialmente útiles a los talleres artesanales que no pueden o no quieren llevar, a cabo grandes inversiones de capital mediante la compra de equipos instalaciones fijas, mas propias de los grandes complejos industriales.

Una ventaja de estas máquinas portátiles estriba en que pueden trabajar en posiciones especiales lo que las hace especialmente aptas para la elaboración de productos de difícil estructura en general fabricados en talleres que trabajan con pedidos muy concretos y pequeñas series.

### ***1.8.7. Productos semielaborados.***

Entre los productos semielaborados más importantes de los empleados en el proceso tecnológico de la madera cabe citar:

#### ***1.8.7.1 Chapas de madera.***

Las denominadas chapas de madera: hojas delgadas obtenidas mediante las máquinas de aserrar, las máquinas de cuchilla que proporcionan el aplanado y los tornos que desenrollan una chapa continúa de un madero rollizo el procedimiento que emplea los dos últimos tipos, requiere el tratamiento con vapor ya citada de la madera previa al inicio de su aplicación; por ello las maderas cuyo color se altera cuando se las somete al proceso de vaporeado solo pueden ser convertidas en chapas por el típico procedimiento del aserrado.

Especial importancia revierte el encolado de las chapas en general a base de tiras de madera estrechas para formar superficies amplias. Condición esencial para esta aplicación es que los bordes de las tiras sean absolutamente rectilíneos y escuadrados.

#### ***1.8.7.2. Contrachapados.***

Las placas o tableros contrachapados en cruz se componen de capas encoladas cuyas fibras se cruzan sucesivamente a 90° en ebanistería se obtienen tableros de 3, 5, 7 y más chapas (siempre en número impar a partir de 3 chapas). Los tableros típicos utilizados en carpintería están constituidos por una capa intermedia de listones, a ambos lados de la cual van encolados diversas capas de chapas los tableros contrachapados en su mayor parte con la fibra en una misma dirección, sin embargo cada 10 chapas puede intercalarse una con la fibra cruzada.

Los espesores de estos tableros son de 6-40 mm y se utilizan en la industria aeronáutica, en las estructuras de tinglados naves puentes postes artículos deportivos modelos de fundición etcétera.

La madera contrachapeada en estrella tiene las chapas dispuestas de tal modo que las direcciones de sus fibras (vistas desde arriba) constituyen una auténtica estrella. La finalidad de esa estructura es compensar su resistencia mecánica en todas las direcciones sobre todo la diferencia entre las resistencias por compresión longitudinal y transversal.

#### ***1.8.7.3. Maderas compuestas.***

La presión baja la cual se fabrican los tableros contrachapados es tan reducida que se limita a asegurar el encolado de las chapas, pero no aumenta la compacidad de la estructura. Esta dificultad se supera con las maderas compuestas de capas prensadas sometidas a elevados índices de presión con la finalidad de homogenizar el conjunto. En este tipo de trabajo se adoptan casi exclusivamente chapas de haya impregnadas y encoladas con resinas de fenol – formaldehído.

La íntima relación entre el material y la resina proporciona estructuras de gran dureza muy resistentes al desgaste que apenas se hinchan y que no se inflaman con facilidad.

Entre este tipo de maderas cabe destacar: Las maderas de capas prensadas paralelas las cruzadas y las dispuestas en estrella según la dirección de las fibras de las diversas capas de elementos componentes.(LEXUS,2001)Tecnología de la madera, Madrid, España.

## **1.9. Tratamiento físico -químico de aguas residuales industriales.**

Con la denominación de tratamientos físico-químico de aguas residuales industriales se engloban una serie de tratamientos primarios y terciarios que se suelen aplicar frecuentemente en las industrias.

Las aguas residuales contienen residuos procedentes de las ciudades y fábricas. Es necesario tratarlos antes de enterrarlos o devolverlos a los sistemas hídricos locales. En una depuradora, los residuos atraviesan una serie de cedazos, cámaras y procesos químicos para reducir su volumen y toxicidad. Las tres fases del tratamiento son la primaria, la secundaria y la terciaria. En la primaria, se elimina un gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica. En la secundaria se trata de reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales. La terciaria es necesaria cuando el agua va a ser reutilizada; elimina un 99% de los sólidos y además se emplean varios procesos químicos para garantizar que el agua esté tan libre de impurezas como sea posible

### ***1.9.1. Tratamientos primarios.***

#### ***1.9.1.1. Homogenización de efluentes.***

Con el mezclado y homogenización de los distintos efluentes generados en el proceso productivo se consigue disminuir las fluctuaciones de caudal de los diferentes vertidos, consiguiendo una única corriente de caudal y concentración más constante. Se suelen realizar en tanques agitados.

#### ***1.9.1.2. Cribado.***

Esta etapa sirve para eliminar los sólidos de gran tamaño presentes en el agua residual. Se suelen realizar mediante rejillas, con aberturas entre 5-90 mm.

### ***1.9.1.3. Neutralización.***

La neutralización (tratamiento ácido-base del agua residual) puede utilizarse para los siguientes fines:

- \* Ajuste final del pH del efluente último antes de la descarga al medio receptor: 5,5-9.
- \* Antes del tratamiento biológico: pH entre 6,5-8,5 para una actividad biológica óptima.
- \*Precipitación de metales pesados: es la aplicación más importante.

Intervienen diversos factores: producto de solubilidad del metal, pH óptimo de precipitación, concentración del metal y del agente precipitante, presencia de agentes complejantes del metal (cianuros, amonio). Los metales pesados se precipitan normalmente en forma de hidróxidos, utilizando cal hasta alcanzar el pH óptimo de precipitación (6-11).

### ***1.9.1.4. Coagulación-floculación.***

Para eliminar sólidos en suspensión y material coloidal. La Coagulación consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, empleando productos químicos (coagulantes) que neutralizan la carga eléctrica de los coloides; la Floculación consiste en la agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas, formando agregados de mayor tamaño denominados “flóculos”, los cuales sedimentan por gravedad. Para favorecer la formación de flóculos más voluminosos y su sedimentación, se suelen utilizar determinados productos químicos (floculantes), generalmente de naturaleza polimérica. Estos floculantes establecen puentes de unión entre los flóculos inicialmente formados.

Los principales compuestos químicos usados como coagulantes son:

- \* Sales de aluminio: sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, policloruro de aluminio (polímero inorgánico de aluminio).
- \* Sales de hierro: cloruro de hierro , sulfato de hierro.

#### ***1.9.1.5. Decantación.***

Se utiliza para la eliminación de materia en suspensión que pueda llevar el agua residual, eliminación de los flóculos precipitados en el proceso de coagulación floculación o separación de contaminantes en un proceso de precipitación química.

#### ***1.9.1.6. Filtración.***

La filtración es una operación que consiste en hacer pasar un líquido que contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante.

De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros.

#### ***1.9.1.7. Separación de fases.***

Separación sólido-líquido: separación de sólidos en suspensión. Se suelen emplear la sedimentación, la flotación (para sólidos de baja densidad) y la filtración. Separación líquido-líquido: la separación de aceites y grasas es la aplicación más frecuente. ([http://members.es.tripod.de/bern/agua\\_depuracion.html](http://members.es.tripod.de/bern/agua_depuracion.html) (Medioambiente y el Agua, 25 julio de 2007.)

### ***1.9.2 Tratamientos secundarios.***

Los tratamientos secundarios son procesos biológicos, en los que la depuración de la materia orgánica biodegradable del agua residual se efectúa por la actuación de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que se mantienen en suspensión en el agua o bien se adhieren a un soporte sólido formando una capa de crecimiento.

Los efluentes industriales con carga orgánica depurable por métodos biológicos, corresponden principalmente a industrias de carácter agroalimentario, aunque otras industrias como papeleras, farmacéuticas, etc., también producen vertidos que pueden ser sometidos a estos tratamientos secundarios.

Los procesos biológicos pueden ser de dos tipos principales: aerobios y anaerobios (en ausencia de aire); en general, para aguas con alta carga orgánica (industrias agroalimentarias, residuos ganaderos, etc.) se emplean sistemas anaerobios y para aguas no muy cargadas, sistemas aerobios. En la práctica pueden ser empleadas ambas técnicas de forma complementaria.

Los tratamientos biológicos engloban tanto el proceso de reacciones biológicas comentado, como la posterior separación de los fangos por decantación.

Entre las variables a controlar en estos procesos se encuentran la temperatura, oxígeno disuelto, el pH, nutrientes, sales y la presencia de inhibidores de las reacciones.

#### ***1.9.2.1. Tratamientos aerobios.***

Los más empleados son el de lodos activados y tratamientos de bajo coste: filtros percoladores, biodiscos, biocilindros, lechos de turba, filtros verdes y lagunaje (este sistema se puede considerar como “mixto”, ya que se dan tanto en procesos aerobios como anaerobios, dependiendo de la profundidad). En todos estos procesos, la materia orgánica se descompone convirtiéndose en dióxido de carbono, y en especies minerales oxidadas.

### ***1.9.2.2. Tratamientos anaerobios.***

La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire, utilizándose reactores cerrados; en un proceso anaerobio, la mayoría de las sustancias orgánicas se convierte en dióxido de carbono y metano. Los productos finales de la digestión anaerobia son el biogás (mezcla gaseosa de metano, dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno), que se puede aprovechar para la producción energética, y los lodos de digestión (compuestos no biodegradables y biomasa). Estos tratamientos tienen tres aplicaciones principales:

- Residuos ganaderos.
- Aguas residuales industriales con alta carga orgánica.
- Lodos de depuradora.

### ***1.9.2.3. Tratamientos mixtos.***

En algunos casos se utilizan tratamientos aerobios y anaerobios, bien de forma consecutiva, alternante o produciéndose ambos a la vez. Esto último es lo que sucede en las denominadas lagunas facultativas, con zonas de depuración aerobia (zona más superficial) y anaerobia (zonas más profundas). En los sistemas de lagunaje se combinan las lagunas de los tres tipos, anaerobias , aerobias y facultativas. ([http://members.es.tripod.de/bern/agua\\_depuracion.html](http://members.es.tripod.de/bern/agua_depuracion.html) (Medioambiente y el Agua, 25 julio de 2007.)

### ***1.9.3 Tratamientos terciarios.***

El objetivo principal de los tratamientos terciarios es la eliminación de contaminantes que perduran después de aplicar los tratamientos primario y secundario; son tratamientos específicos y costosos, que se usan cuando se requiere un efluente final de mayor calidad que la obtenida con los tratamientos convencionales. Las principales técnicas son:

#### ***1.9.3.1. Arrastre con vapor de agua o aire.***

Denominados como procesos de “stripping”, para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV), como disolventes clorados (tricloroetileno, clorobenceno, dicloroetileno, etc.) o contaminantes gaseosos (amoníaco, etc.).

#### ***1.9.3.2. Procesos de membrana.***

En estos procesos el agua residual pasa a través de una membrana porosa, mediante la adición de una fuerza impulsora, consiguiendo una separación en función del tamaño de las moléculas presentes en el efluente y del tamaño de poro de la membrana.

#### ***1.9.3.3. Intercambio iónico.***

Sirve para eliminar sales minerales, las cuales son eliminadas del agua residual que atraviesa una resina, por intercambio con otros iones ( $H^+$  en las resinas de intercambio catiónico y  $OH^-$  en las de intercambio aniónico) contenidos en la misma.

#### ***1.9.3.4. Adsorción con carbón activo.***

Para eliminar compuestos orgánicos. Se puede utilizar en forma granular (columnas de carbón activado granular: GAC) y en polvo (PAC).

#### ***1.9.3.5. Procesos de oxidación.***

Sirven para eliminar o transformar materia orgánica y materia inorgánica oxidable, Los principales procesos de oxidación se pueden clasificar en:

- \* Procesos convencionales de oxidación: se usan como oxidantes ozono, peróxido de hidrógeno, permanganato de potasio, hipoclorito de sodio, cloro y oxígeno.
- \* Procesos de oxidación avanzada:
- \* Combinaciones de oxidantes: O<sub>3</sub> + UV, O<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + UV, O<sub>3</sub> + alto pH.
- \* Procesos a alta temperatura y presión: oxidación con aire húmedo (WAO), oxidación en condiciones supercríticas, etc.
- \* Detoxificación solar: utiliza la radiación UV solar, con catalizador de TiO<sub>2</sub>.

#### ***1.9.3.6. Procesos de reducción.***

Para reducir elementos metálicos en alto estado de oxidación (reducción de Cr<sup>6+</sup> a Cr<sup>3+</sup> mediante sulfito de sodio, tiosulfato de sodio, sulfato ferroso, etc).

#### ***1.9.3.7. Precipitación química.***

Se basa en la utilización de reacciones químicas para la obtención de productos de muy baja solubilidad. La especie contaminante a eliminar pasa a formar parte de esa sustancia insoluble, que precipita y puede ser separada por sedimentación y filtración. ([http://members.es.tripod.de/bern/agua\\_depuracion.html](http://members.es.tripod.de/bern/agua_depuracion.html) (Medioambiente y el Agua, 25 julio de 2007.)

#### ***1.9.4. Tratamiento de los fangos.***

En todo tratamiento de aguas residuales se producen, junto al agua depurada, una serie de lodos o fangos que deben ser tratados adecuadamente.

Según el tipo de tratamiento y la naturaleza de los contaminantes eliminados, serán lodos de naturaleza predominantemente inorgánica u orgánica.

Los objetivos finales buscados en el tratamiento de los lodos son:

##### ***1.9.4.1. Reducción de volumen.***

Concentración del fango para hacer más fácil su manejo.

##### ***1.9.4.2. Reducción del poder de fermentación.***

Reducción de materia orgánica y de patógenos, para evitar la producción de olores y la evolución del lodo sin control.

Las principales etapas en el tratamiento de los lodos son: espesamiento (concentración) por decantación o flotación, digestión (estabilización para fangos fermentables), deshidratación y evacuación.

##### ***1.9.4.3. Espesamiento.***

Reducción de volumen en tanques de sedimentación o flotación, según la naturaleza del fango. A veces se realiza un acondicionamiento previo, de tipo físico-químico (coagulación, floculación, elutriación) o térmico.

#### ***1.9.4.4. Digestión.***

Para fangos de naturaleza orgánica. En procesos de carácter aerobio (similar a fangos activos) o anaerobio (aprovechamiento energético).

#### ***1.9.4.5. Deshidratación y secado.***

Con el objetivo de una eliminación lo más completa posible del agua del fango. Normalmente con una etapa de acondicionamiento previo. Métodos más utilizados: filtros de vacío, filtros prensa, filtros banda, centrifugas, evaporación térmica o en eras de secado.

#### ***1.9.4.6. Evacuación.***

Depósito o destino final de los lodos. Métodos principales: vertedero de seguridad o de residuos sólidos urbanos según sus características; incineración con o sin adición de combustible adicional según el poder calorífico de los lodos, se generan cenizas, escorias y gases que necesitan tratamiento, con o sin recuperación de energía; compostaje, descomposición biológica controlada, de la materia orgánica, en condiciones aerobias, con el fin de obtener compost, (abono orgánico).

([http://members.es.tripod.de/bern/agua\\_depuracion.html](http://members.es.tripod.de/bern/agua_depuracion.html) (Medioambiente y el Agua, 25 julio de 2007.).