

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**



**“LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES REGLAMENTADOS DE  
CONTAMINANTES EN EFLUENTES LIQUIDOS INDUSTRIALES Y  
ALTERNATIVA DE CONTROL DEL ANÁLISIS IN SITU ”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR ÉL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO QUIMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE  
CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR:**

**ALEJANDRO AUGUSTO HERRERA HUAMAN**

**LIMA-PERU**

**2003**

## RESUMEN

El medio ambiente es fuente de recursos que abastece al ser humano de las materias primas y energía que necesita para el desarrollo sobre el planeta. Ahora bien, solo una parte de estos recursos es renovable y se requiere por tanto un tratamiento cuidadoso para evitar que un uso inadecuado de estos recursos y que nos conduzcan a una situación irreversible.

La preocupación por la protección del medio ambiente en su conjunto se ha visto reflejada en la legislación peruana desde la entrada en vigencia de la Constitución Política en 1979, que incorporó en su texto el derecho de todos a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. La actual Constitución de 1993 también incorpora este derecho.

Como se sabe, una de las principales formas de contaminación del medio ambiente es por medio de las aguas residuales de los procesos productivos, este informe brinda un resumen de los límites máximos permisibles de los parámetros contaminantes de estos efluentes, que se encuentran reglamentados por el Estado Peruano; y además se proporciona una alternativa para realizar el control in situ, de los componentes contaminantes de estas aguas, para lo cual se describirá los diferentes test analíticos listos para su uso, que nos proporciona MERCK, en sus productos de Analítica Móvil.

El presente informe se ha dividido en tres partes:

1. En la primera parte se realizará una revisión de los principales conceptos relacionados con la caracterización de aguas residuales, a fin de poder identificar los parámetros que contaminan estas aguas, para lo cual se verá las características físicas, características químicas y por ultimo veremos las características biológicas.

2. Luego serán revisados los contaminantes de las aguas residuales, de los procesos productivos, los cuales están reglamentados sus límites máximos permisibles, estos procesos son, Minería, Petróleo, Cerveza, Cemento, Curtiembre, Papel y Pesca.
  
3. Por ultimo se revisará la alternativa de control que proporciona la Analítica Móvil de la Empresa MERCK, presentando las posibilidades de analizar los diferentes parámetros que se deben controlar en las aguas residuales, mediante la aplicación de dos tipos de test: cuantitativos y semicuantitativos, estos test se subdividen en otros que serán tratados durante el desarrollo del informe.

Con este informe se pretende dar una guía para el control de las aguas residuales, en las industrias que las origina, proporcionando alternativas de análisis de inmediato, a bajo costo, en forma sencilla y confiable.

## INDICE

	Nº pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>II. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO</b>	<b>8</b>
2.1 Características Físicas.	8
2.1.1 Sólidos Totales.	9
2.1.2 Olores.	9
2.1.3 Temperatura	10
2.1.4 Color.	11
2.2 Características Químicas	11
2.2.1 Materia Orgánica	11
2.2.2 Medida del contenido Orgánico (DBO <sub>5</sub> , DQO)	12
2.2.2 Materia Inorgánica	17
2.3 Características Biológicas	20
2.3.1 Microorganismos	20
2.3.2 Organismos Patógenos	21
2.3.3 Organismos Coniformes	22
<b>III. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES REGLAMENTADOS DE CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES LIQUIDOS INDUSTRIALES</b>	<b>24</b>
3.1 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Minera.	24
a. Descripción del Proceso Productivo.	
b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.	
c. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes.	
3.2 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Petrolera	31

- a. Descripción del Proceso Productivo.
  - b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.
  - c. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes.
- 3.3 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Manufacturera 36
- 3.3.1 Límites Máximos Permisibles de los contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Cervecera
    - a. Descripción del Proceso Productivo.
    - b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.
    - c. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes.
  - 3.3.2 Límites Máximos Permisibles de los contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Cementera.
    - a. Descripción del Proceso Productivo.
    - b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.
    - c. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes.
  - 3.3.3 Límites Máximos Permisibles de los contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria del Curtiembre
    - a. Descripción del Proceso Productivo.
    - b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.
    - c. Límites máximos permisibles de Contaminantes.
  - 3.3.4 Límites Máximos Permisibles de los contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria del Papel
    - a. Descripción del Proceso Productivo.
    - b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.
    - c. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes.
- 3.4 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Pesquera 89
- a. Descripción del Proceso Productivo.
  - b. Identificación de Contaminantes del Medio Ambiente.
  - c. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes.

<b>IV</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS AGUAS DE PROCESO VIA ANALITICA MOVIL DE MERCK</b>	103
4.1	Test Visuales, Análisis Semicuantitativos	103
4.1.1	Merckoquant®	
4.1.2	Aquamerck®	
4.1.3	Aquaquant®	
4.1.4	Microquant®	
4.2	Test Cuantitativos	121
4.2.1	Reflectoquant®	
4.2.2	Spectroquant®	
4.3	Indicadores del pH	131
4.4	Aseguramiento de la Calidad Analítica	132
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	134
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	136
<b>VII.</b>	<b>APENDICES</b>	137
A.	Certificado de Garantía del Fotómetro Spectroquant NOVA 60	
B.	Certificado de Lote para Test de Demanda Química de Oxígeno	
C.	Certificado de Calidad para los Kit de Demanda Química de Oxígeno	
D.	Verificación para realizar el Certificado de Lote	

## **I. INTRODUCCIÓN**

El control del grado de contaminación, de las aguas residuales de un determinado proceso productivo, es un problema que deben de resolver los directivos de las diferentes empresas, a fin de evitar la contaminación de las cuencas de agua en donde se descargan estos efluentes.

En la actualidad, cuentan con límites máximos permisibles de parámetros contaminantes de sus efluentes líquidos, debidamente reglamentados por el estado los siguientes sectores industriales: Minero, Petrolero, Cervecerero, Cementero, de Curtiembre y Papelero.

Hace más de 25 años MERCK ha estado desarrollando kits, para el análisis de aguas y aguas residuales, ofreciendo en la actualidad, un rango integral de productos para el análisis móvil, de tal manera se pueda detectar problemas específicos a tiempo, para aplicar el tratamiento adecuado.

Estos kits para el análisis móvil tienen un amplio campo de aplicación como: Agua potable, Agua de procesos, Aguas de desagüe, Suelos, Alimentos / Bebidas, Monitoreo de toxicidad, Agricultura y en fin en todos los procesos que necesiten analizar muestras de agua. Con la practica de métodos in situ, se evita el uso de preservantes para que las muestras no se degrade mientras se lleva a los laboratorios de análisis, ya que el control se realiza inmediatamente después de la toma de la muestra, por otro lado, no hay pérdida de tiempo en traslados de muestras, obteniéndose resultados confiables y reproducibles, en un tiempo no mayor de 30 minutos.

Otras ventajas de estos kits rápidos son:

1. La gran mayoría de test cuantitativos cuentan con procedimiento de análisis aprobados por EPA y la US Standard Métodos.
2. Evitar implementar de grandes y costosos laboratorios.
3. Evitar implementar procedimientos de análisis difíciles y engorrosos.

MERCK ofrece con su analítica móvil una alternativa sencilla, rápida, barata y segura a las empresas que necesitan realizar un control de sus aguas residuales, según las exigencias de las entidades supervisoras de la contaminación ambiental.

## **II. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO**

Los estudios de caracterización de aguas residuales están encaminados en determinar las características físicas, químicas y biológicas, y las concentraciones de los constituyentes de las aguas residuales, así como los medios óptimos de reducir las concentraciones contaminantes.

### **2.1 Características Físicas**

Las características físicas más importante de las aguas residuales es su contenido de sólidos totales, el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución. Otras características físicas son, temperatura, color y olor.

#### **2.1.1 Sólidos Totales**

Analíticamente, el contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de la evaporación de 103 a 105 ° C.

Los sólidos totales o residuo de evaporación, pueden clasificarse como sólidos suspendidos o sólidos filtrantes, a base de hacer pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. Por lo general, el filtro se elige de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos sea aproximadamente un micrómetro (1µm); la fracción de sólidos suspendidos incluye los sólidos sedimentables que se depositan en el fondo de un recipiente en forma de cono (llamado como Imhoff) durante un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables son una medida aproximada de la cantidad de fango que puede eliminarse mediante sedimentación.

La fracción de sólidos filtrables se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10<sup>-3</sup> y 1 µm. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución

verdadera en el agua. La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación. Por lo general, se requiere una coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.

A su vez, estos sólidos se pueden clasificar basándose en su volatilidad a 600°C. La fracción orgánica se oxidará y será expulsada como gas a dicha temperatura, permaneciendo la fracción inorgánica como ceniza.

La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz en el agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales y aguas naturales con respecto a la materia coloidal. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz evitando así su transmisión.

### **2.1.2 Olores**

Normalmente, los olores son debidos a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar algo desagradable pero más tolerante que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos.

Caracterización y medida del olor, se ha sugerido que son cuatro los factores independientes que se necesitan para caracterizar completamente un olor: intensidad, carácter, sensación de desagrado y detectabilidad. Hasta ahora, la detectabilidad es el único factor que se ha utilizado en el desarrollo de normativas reguladoras de las molestias causadas por los olores.

La medida sensorial (organoléptica) de los olores por el sistema del olfato humano, puede proporcionar información significativa y de confianza.

En el método sensorial, se expone a un conjunto de personas a los olores que han sido diluidos en aire y se anota el número de diluciones requeridas

para reducir un olor a su concentración de umbral mínimo detectable (MDTOC) La concentración de olor detectable viene dada por las diluciones necesarias hasta llegar al MDTOC: Por ejemplo, si se añade 4 volúmenes de aire a una unidad de volumen de la muestra de aire para reducir el olor a su MDTOC, la concentración del olor vendrá dada como cinco diluciones hasta el MDTOC. Sin embargo, la determinación sensorial de esta concentración umbral mínima puede estar sujeta a numerosos errores. Los principales son la adaptación y la adaptación cruzada, el sinergismo, la subjetividad y la modificación de la muestra.

### **2.1.3 Temperatura**

La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del agua de suministro debido a la adición de agua caliente procedente de las casas y de actividades industriales.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la capacidad del agua a usos útiles. Una temperatura más elevada que la del ambiente, puede producir cambios en las especies piscícolas.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en la fría. El aumento de la velocidad de las reacciones químicas que supone un aumento de la temperatura, junto con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales, puede frecuentemente causar graves agotamientos, en los meses de verano de las concentraciones de oxígeno disuelto. Estos efectos se ven aumentados cuando se vierten cantidades suficientemente grandes de agua caliente a las aguas naturales receptoras. Debe tenerse presente que un cambio repentino de temperaturas puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática. Finalmente, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

#### **2.1.4 Color**

Históricamente, la palabra condición se utilizó junto con composición y concentración para describir el agua residual. La condición se refiere a la edad del agua residual. Se determinan cualitativamente por su color y olor.

### **2.2 Características Químicas**

Esta sección se divide en tres categorías generales que tratan de (1) la materia orgánica; (2) la medida del contenido orgánico y (3) la materia inorgánica. La medida del contenido orgánico se discute por separado, dada su importancia en el proyecto y funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales y en la gestión de la calidad del agua.

#### **2.2.1 Materia Orgánica**

En un agua residual de concentración media un 75 % de los sólidos suspendidos y un 40 % de los sólidos filtrantes son de naturaleza orgánica, proceden de los reinos animal y vegetal y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos están generalmente formados por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, junto con nitrógeno en algunos casos.

Otros elementos importantes tales como azufre, fósforo y hierro pueden hallarse también presentes. Los principales grupos de sustancias orgánicas halladas en el agua residual son las proteínas (40 a 60 %), carbohidratos (25 a 50 %) y grasas y aceites (10%)

La urea, principal constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual. En razón de la rapidez con que se descompone, la urea es muy raramente detectada en una agua residual que no sea muy reciente.

Junto con las proteínas, carbohidratos, grasas y aceites y la urea, el agua residual contiene pequeñas cantidades de un gran número de diferentes moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede variar desde una muy simple a una compleja. Los ejemplos típicos son agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas usados en la agricultura.

### **2.2.2 Medida de Contenido Orgánico**

Con el transcurrir de los años se ha sido desarrollando una serie de ensayos para determinar el contenido orgánico de las aguas residuales. Un método, ya discutido anteriormente consiste en medir la fracción volátil de los sólidos totales pero este método esta sujeto a muchos errores y raramente se emplea. Los ensayos de laboratorios mas utilizados hoy en día son: la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO) y carbono orgánico total (COT) Otro ensayo más reciente es la demanda total de oxígeno (DTO) Complementando estos ensayos de laboratorio se cuenta también con el llamado demanda teórica de oxígeno (DteO) que se determina a partir de las formulas químicas de la materia orgánica.

A continuación se describen los ensayos citados:

#### **a. Demanda Bioquímica de Oxígeno**

El parámetro de contaminación orgánica mas utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días ( $DBO_5$ ) Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica. La medida de la  $DBO_5$  es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad del agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente. A pesar del uso extendido del análisis de la  $DBO_5$ , éste tiene un gran número de limitaciones. Se espera que, gracias a los continuos esfuerzos de los

especialistas en este campo, se puede utilizar algunas de las otras medidas del contenido orgánico o tal vez una nueva medida, en lugar de la  $DBO_5$ .

¿Por qué, entonces, si el análisis tiene tan serias limitaciones, se le dedica tanto espacio en este trabajo? La razón es que los resultados del análisis de la  $DBO_5$  se utilizan para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- Determinar el tamaño de las instalaciones de tratamientos de aguas residuales.
- Medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento.

Dado que es posible que el análisis de la  $DBO_5$  continuará utilizándose durante mucho tiempo, es importante conocerlo, sin tener en cuenta sus limitaciones, tanto como sea posible.

A fin de asegurar que los resultados obtenidos sean significativos, la muestra deberá ser convenientemente diluida con agua especialmente preparada, de modo que existan nutrientes y oxígeno disponible durante el periodo de incubación. Normalmente, se preparan varias diluciones para cubrir la gama completa de posibles valores.

El agua de dilución es inoculada en un cultivo bacteriano que ha sido aclimatado, en caso necesario a la materia orgánica presente en el agua. El inóculo que se usa para preparar el agua de dilución para el ensayo de la  $DBO_5$  es un cultivo mixto. Dichos cultivos contienen gran número de bacterias saprofitas y otros organismos que oxidan la materia orgánica. Contienen también bacterias autótrofas que oxidan la materia no carbonosa. Cuando la muestra contiene una gran población de microorganismos (agua residual cruda, por ejemplo) no es necesario efectuar la inoculación.

El periodo de incubación es generalmente de 5 días a 20°C si bien pueden utilizarse otros periodos de tiempo y temperaturas.

La oxidación bioquímica es un proceso lento y teóricamente, tarda un tiempo infinito en completarse. Al cabo de un periodo de 20 días, la oxidación se ha completado en un 95 a 99% y en el plazo de 5 días utilizado en el ensayo de la DBO<sub>5</sub>, la oxidación se ha efectuado entre 60 a 70%.

La temperatura de 20°C empleada es un valor medio para los cursos de agua que circulan a baja velocidad en climas suaves y es fácilmente obtenible en un incubador. A distintas temperaturas se obtendrán diferentes resultados, ya que las velocidades de reacción bioquímica son función de la temperatura.

Los procedimientos de pretratamiento incluyen la pasteurización cloración y tratamiento ácido. Los agentes inhibidores suelen ser de naturaleza química e incluyen el azul de metileno, tiourea y alitiourea, y 2- cloro- 6- triclorometil piridina y N-Hib, un producto patentado.

### **Limitaciones en el Ensayo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Las limitaciones en la determinación de la DBO<sub>5</sub> incluyen:

La necesidad de tener que disponer de una elevada concentración de bacterias activas y aclimatadas que hagan de inóculo,

La necesidad de un pretratamiento cuando haya residuos tóxicos y la necesidad de reducir los efectos de los organismos nitrificantes,

El arbitrario y prolongado periodo de tiempo requerido para obtener resultados,

El hecho de que sólo se midan los productos orgánicos biodegradable y,

Por último, el que el ensayo no tenga validez estequiométrica una vez que la materia orgánica soluble, presente en la solución, haya sido utilizada.

Posiblemente la limitación más seria estriba en que el periodo de 5 días puede o no corresponder al punto en el que la materia orgánica soluble presente haya sido utilizada.

### **b. Demanda Química de Oxígeno**

El ensayo de la Demanda Química de Oxígeno se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido. El dicromato potásico resulta excelente para tal fin. El ensayo debe realizarse a temperatura elevada. Para facilitar la oxidación de ciertas clases de compuestos orgánicos se necesita un catalizador (sulfato de plata). Puesto que algunos compuestos inorgánicos interfieren con el ensayo, debe tenerse cuidado en eliminarlos previamente.

El ensayo de la DQO se utiliza igualmente para medir la materia orgánica en aguas residuales industriales y municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual es, por lo general, mayor que la DBO<sub>5</sub> porque es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química que biológicamente. En muchos tipos de aguas residuales es posible correlacionar la DQO con la DBO<sub>5</sub>. Ello puede resultar muy útil porque la DQO puede determinarse en 3 horas comparado con los 5 días que supone la DBO<sub>5</sub>. Una vez que la correlación ha sido establecida, pueden utilizarse las medidas de DQO para el funcionamiento y control de la planta de tratamiento.

### **c. Carbono Orgánico Total**

Otro medio de medir la materia orgánica presente en el agua es el ensayo Carbono Orgánico Total, especialmente aplicable a pequeñas concentraciones de materia orgánica. El ensayo se lleva a cabo inyectando una cantidad conocida de la muestra en un horno a alta temperatura. El carbono orgánico se oxida a anhídrido carbónico en presencia de un catalizador. El

anhídrido carbónico producido es medido cuantitativamente con un analizador de infrarrojos. La aireación y la acidificación de la muestra antes del análisis eliminan los posibles errores debidos a la presencia de carbono inorgánico. El ensayo puede realizarse en muy poco tiempo y su uso se está extendiendo muy rápidamente. No obstante, algunos compuestos orgánicos existentes pueden no oxidarse y el valor medido del COT será ligeramente inferior a la cantidad real presente en la muestra.

#### **d. Demanda Total de Oxígeno**

Otro método instrumental que puede utilizarse para medir el contenido orgánico de las aguas residuales es el reciente desarrollado ensayo de la Demanda Total de Oxígeno. En este ensayo, las sustancias orgánicas y, en menor escala, las inorgánicas se transforman en productos finales estables, dentro de una cámara, mediante combustión catalizada con platino. La DTO se determina observando el contenido del oxígeno presente en el gas que transporta el nitrógeno. Este ensayo puede efectuarse rápidamente y los resultados se correlacionan con la DQO.

#### **e. Demanda Teórica de Oxígeno**

La materia orgánica de origen animal o vegetal en las aguas residuales es, por lo general, una combinación de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Los principales grupos de estos elementos presentes en el agua residual son, como ya se indicó anteriormente, carbohidratos, proteínas, grasas y productos de su descomposición. Si se conoce la fórmula química de la materia orgánica, la DteO puede calcularse en forma teórica con ecuaciones estequiométricas.

#### **Correlación entre las diversas medidas:**

El establecimiento de relaciones constantes entre las distintas medidas del contenido orgánico depende principalmente de la naturaleza del agua residual y de su origen. De todas estas medidas, la más difícil de correlacionar con las demás es el ensayo de la DBO<sub>5</sub>, por los problemas asociados con los ensayos biológicos. Sin embargo, para aguas residuales domésticas típicas, las relaciones

DBO<sub>5</sub>/DQO y DBO<sub>5</sub>/COT varían de 0,4 a 0,8 y de 0,8 a 1,0 respectivamente. Dada la rapidez con que pueden efectuarse los ensayos de DQO<sub>5</sub>, COT y DTO se prevé un mayor empleo en el futuro de estos ensayos.

### **2.2.3 Materia Inorgánica**

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para el establecimiento y control de la calidad de agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan por la formación geológica con la que el agua entra en contacto y también por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que se descargan a ella. Las concentraciones de los constituyentes inorgánicos aumentan, igualmente debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja sustancia inorgánica en el agua. Puesto que la concentración de los distintos constituyentes inorgánicos puede afectar mucho a los usos de aguas, conviene examinar la naturaleza de algunos, especialmente de los añadidos al agua superficial por el ciclo de su utilización.

#### **Parámetros de Calidad de las Aguas Naturales y Residuales**

**a. pH.**- La concentración del Ion hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales. El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico (6.8 – 7.8). El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos y si la concentración no se altera antes de la evacuación, el efluente puede modificar la concentración de las aguas naturales.

**b. Nitrógeno.**- Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas y, como tales, son conocidos como nutrientes o bioestimulantes. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico, pero el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos.

Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, se necesitará conocer datos sobre el mismo para valorar la tratabilidad de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual.

El nitrógeno orgánico se determina por el método Kjeldahl. La muestra acuosa se hierve primero para eliminar el amoníaco y a continuación se digiere. Durante la digestión, el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco. El nitrógeno total Kjeldahl se determina de la misma manera que el nitrógeno orgánico, excepto que el amoníaco no se quita antes de la fase de digestión. El nitrógeno Kjeldahl es, por tanto, el total del nitrógeno orgánico y del amoniacal.

El nitrógeno del nitrito tiene relativamente poca importancia en estudios sobre aguas residuales o contaminación de aguas, ya que es inestable y se oxida fácilmente a la forma de nitrato. Es un indicador de la contaminación pasada en el proceso de estabilización y raramente excede de 1 mg/L en el agua residual a 0,1 mg/L en aguas subterráneas o superficiales. Se determina por colorimetría.

El nitrógeno del nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales. Cuando un efluente secundario haya de recuperarse para la recarga de agua subterránea, la concentración del nitrato es importante porque las normas de agua potable USPHS le limitan a 45 mg/L como  $\text{NO}_3$  debido a sus graves y, a veces, fatales efectos sobre los niños. Los nitratos pueden variar en su concentración de 0 a 20 mg/L como N, en efluentes de aguas residuales con un intervalo típico de 15 a 20 mg/L como N. La concentración del nitrato es generalmente determinada por métodos colorimétricos.

**c. Azufre.-** El ion sulfato se presenta naturalmente en la mayoría de los suministros de agua y también en el agua residual. El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación. Los sulfatos son reducidos químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno ( $H_2S$ ) por las bacterias en condiciones anaerobias.

El  $H_2S$  puede ser oxidado biológicamente a ácido sulfúrico, el cual es corrosivo para las tuberías del alcantarillado (efecto corona)

Los sulfatos son reducidos a sulfuros en los digestores de fangos y pueden alterar el proceso biológico si la concentración de sulfuros sobrepasa 200 mg/L. Tales concentraciones son, por fortuna muy raras. El sulfuro de hidrogeno gaseoso que se desprende y se mezcla con el gas de las alcantarillas ( $CH_4 + CO_2$ ), es corrosivo para las conducciones de gas, y, si se quema en motores de gas, los productos de la combustión podrían dañar el motor y corroer gravemente el equipo de recuperación térmica de los gases de escape, especialmente si se les permitiera enfriarse por debajo del punto de condensación.

**d. Compuestos Tóxicos.-** Por su toxicidad, ciertos cationes son de gran importancia en el tratamiento y vertido de las aguas residuales. El cobre, plomo, plata, cromo, arsénico y boro son tóxicos en distintos grados para los microorganismos y, por tanto, deben tenerse en consideración al proyectar una planta de tratamiento biológico. Muchas plantas se han visto perturbadas por la introducción de estos iones hasta el extremo de provocar la muerte de los microorganismos y detener el tratamiento. Por ejemplo, en los digestores de fango, el cobre es tóxico a concentraciones de 500 mg/L; y el sodio lo es también a concentraciones elevadas. Otros cationes tóxicos son el potasio y el amoníaco a concentraciones de 400 mg/L. La alcalinidad presente en el fango de digestión puede combinarse con los iones calcio y precipitará con ellos antes de que la concentración del calcio se acerque al nivel tóxico.

Algunos cationes tóxicos, incluyendo los cianuros y cromatos están, asimismo, presentes en los vertidos industriales. Se encuentran principalmente en los efluentes de fábricas de recubrimientos electrolíticos y deben ser eliminados en la propia fábrica mediante pretratamientos adecuados en vez de mezclarlos con el agua residual municipal. El ion fluoruro es también tóxico, así como algunos compuestos orgánicos que se encuentran en ciertos vertidos industriales.

**e. Metales Pesados.-** Trazas de muchos metales, tales como el níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, cinc, cobre, hierro y mercurio es constituyente importantes de muchas aguas. Algunos de estos metales son necesarios para el desarrollo de la vida biológica y su ausencia en cantidades suficientes podría, por ejemplo, limitar el crecimiento de las algas. La presencia de cualesquiera de los metales citados en cantidades excesivas interferirá con muchos usos provechosos del agua dada su toxicidad; por tanto, conviene casi siempre medir y controlar las concentraciones de dichos metales.

### **2.3 Características Biológicas**

Los aspectos biológicos con los que se debe estar familiarizado influyen en el conocimiento de: 1) los grupos principales de microorganismos que se encuentran en las aguas superficiales y residuales, así como aquellos que intervienen en el tratamiento biológico; 2) el de los organismos patógenos presentes en el agua residual; 3) el de los organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia.

#### **2.3.1 Microorganismos**

Los grupos principales de organismos que se encuentran en las aguas superficiales y residuales se clasifican en protistas, vegetales y animales.

La categoría de los protistas contiene las bacterias, hongos, protozoos y algas.

Los vegetales se clasifican en plantas de semillas, helechos, musgos y hepáticas.

Como animales se clasifican los vertebrados e invertebrados.

Los virus que también se encuentran en el agua residual, se clasifican según el sujeto infectado.

#### **a. Protistas**

Las Protistas son las bacterias, algas y protozoos.

Dado al amplio y fundamental papel jugado por las bacterias en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento, deben conocerse bien sus características, funciones, metabolismo y síntesis, del mismo modo, las bacterias coliformes se utilizan como indicador de contaminación y producida por vertidos de origen humano.

Las algas pueden presentar un serio inconveniente en las aguas superficiales, ya que cuando las condiciones son favorables pueden producirse rápidamente y cubrir ríos, lagos y embalses con grandes colonias flotantes, fenómeno que se conoce como crecimiento explosivo y son característicos en los llamados lagos eutróficos.

#### **2.3.2 Organismos Patógenos**

Los organismos patógenos encontrados en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una enfermedad determinada.

Los organismos patógenos bacterianos usuales, que son excretados por el hombre causan enfermedades del aparato gastrointestinal, tales como fiebres tifoideas o paratifoideas, disentería, diarreas y cólera.

La identificación de los organismos patógenos presentes en el agua residual requiere un consumo extremado de tiempo y es a la vez difícil, por lo que el grupo de organismos coliformes se utiliza actualmente como indicador de la presencia en el agua residual de heces, y de organismos patógenos.

### **2.3.3 Organismos Coliformes.**

El tracto intestinal del ser humano contiene innumerables bacterias en forma de bastoncillo, conocidas como organismos coliformes, cada persona evacua entre 100,000 a 400,000 millones de organismos coliformes por día.

Los organismos coliformes no son dañinos al hombre y de hecho son útiles para destruir la materia orgánica en los procesos biológicos de tratamiento de las aguas residuales.

Las bacterias coliforme incluye los géneros *Echerichia* y *Aerobacter*, el uso de coliformes como indicador es problemático debido a que el *Aerobacter* y ciertas *Escherichia* pueden crecer en el suelo, por tanto la presencia de coliformes no siempre garantiza la contaminación con residuos humanos, pero las *Escherichia coli* (*E.coli*), si son totalmente de origen fecal, por lo que determinar *E.coli* si se puede usar como indicador de contaminación fecal.

El procedimiento más corriente para determinar la presencia de coliformes consiste en la realización de ensayos presuntivos y confirmados.

El ensayo presuntivo se basa en la capacidad del grupo coliforme para fermentar el caldo lactosa, con desprendimiento de gas.

El ensayo confirmado consiste en el desarrollo de cultivos de bacterias coliforme sobre medios de elementos que eliminan el crecimiento de otros

organismos, el ensayo completo se basa en la capacidad de los cultivos desarrollados en el ensayo confirmado para fermentar de nuevo el caldo lactosa.

Existen en la actualidad dos métodos aceptados para obtener el número de organismos coliformes presentes en un volumen de agua dado, la técnica del número más probable (NMP), se ha utilizado durante mucho tiempo y se basa en el análisis estadístico del número de resultados positivos y negativos obtenidos al hacer ensayos múltiples sobre fracciones de igual volumen y fracciones que constituyen una serie geométrica, para la presencia de organismos coliformes, Hay que hacer notar que el NMP no es una concentración absoluta de organismos que estén presentes si no solamente una estimación estadística de dicha concentración.

### **III. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES REGLAMENTADOS DE CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES LIQUIDOS INDUSTRIALES**

En el presente informe se han identificado los límites máximos permisibles de contaminantes en los efluentes líquidos de las industrias que se describen a continuación.

#### **3.1 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en Los Efluentes Líquidos para la Industria Minera**

Perú existen aproximadamente 170 minas metálicas actualmente operativas. Siete de ellas se clasifican como minas grandes, las cuales producen mas de 5000 tpd, existiendo también minas más pequeñas que producen menos de 25 tpd. La mayoría de las minas son de cobre, oro o polimetálicas, habiendo, en menor cantidad, minas de hierro, estaño y tungsteno.

Usualmente, los concentrados producidos en estas minas se procesan o refinan en una fundición distante nacional o extranjera. Actualmente existen 9 plantas metalúrgicas que operan en el Perú y que producen cobre, plomo, zinc, plata y cantidades menores de otros metales terminados. Además, existen cerca de 100 minas no metálicas, principalmente medianas y pequeñas productoras de caliza, arcilla y Sílice.

Las áreas mineras en el Perú se ubican a lo largo del país, en una variedad de regiones geológicas, topográficas y climatológicas. La precipitación pluvial mensual puede oscilar entre 2mm en la región costera hasta 460 mm en las regiones selváticas. En la zona montañosa, las precipitaciones pueden variar entre 0 mm a mas de 100 mm en un año.

De ese modo, la ubicación de la mina determinara el balance de agua del sitio, lo que puede variar considerablemente de lugar a lugar.

### **a. Descripción del Proceso.**

#### **Tipos de Mina**

El tipo de mina se describe por: la geología de la mina, el mineral y los desechos del método de explotación. La geología del yacimiento y la roca encajonante determinarán los parámetros que serán de importancia.

El método de explotación determinara la cantidad de perturbación interior o superficial y la cantidad y tipo de desecho minero producido. Por ejemplo, el laboreo de minas subterráneas genera relativamente poco desecho mineral en comparación con una operación de tajo abierto. De ese modo, en una operación subterránea, la fuente principal de contaminantes de la calidad de agua serian las labores en la mina y los relaves.

Generalmente, las concentradoras, con un circuito de Flotación, ofrecerán un menor rango de problemas potenciales sobre la calidad de agua que las grandes refinerías que producen una variedad de metales terminados diferentes y usan gran cantidad de reactivos químicos para el procesamiento. Además, las instalaciones para el manipuleo de metales y concentrados, control de polvo y almacenamiento y manipuleo de reactivos y combustibles pueden aportar contaminantes al agua de drenaje.

#### **Nivel de Desarrollo**

Durante las diferentes etapas en la vida de una mina, desde el desarrollo pasando por la operación hasta el cierre, existen diferentes prioridades para un programa de monitoreo.

Etapa de Exploración y Desarrollo. Generalmente, el periodo de desarrollo dura de uno a tres años.

Etapa de Operación, una vez que la mina se encuentra en operación, empieza el monitoreo más intenso. En el Perú, es necesario definir la calidad de

agua que sale de cada mina y Determinar la calidad del efluente que sea aceptable para el ambiente. Así, el agua que fluye dentro y fuera de la propiedad debe hacer un muestreo en forma regular para determinar su calidad y cantidad. Se establece un programa regular y se revisa para verificar la existencia de cambios en el procesamiento, manejo de desechos o por indicio mediante los datos obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua.

Después de que concluye la actividad minera y se desactiva la mina, los objetivos del monitoreo deberán asegurar que no existen fuentes de contaminación de la calidad del agua que se manifiesten a largo plazo. Si no hubiera preocupaciones potenciales sobre la calidad del agua identificadas durante la operación, el periodo de monitoreo y la intensidad pueden ser baja (tal vez dos grupos de muestras cada uno o dos años). Si existieran contaminantes de importancia o se hubiera identificado una posible liberación futura (por ejemplo, la evolución de un drenaje ácido), se realiza un muestreo regular hasta que se demuestra que no existen problemas o que las medidas de control son efectivas.

Los relaves mineros son contaminantes ambientales compuestos por sólidos finos sin contenido mineral, que se desechan mezclados con agua. Son el resultado del proceso de flotación que sirve para separar el mineral del material inerte, donde el primero sigue en el proceso, mientras que el segundo se espesa, conservándose en agua, y se deposita en canchas de relaves, lagunas, ríos u otros.

Los relaves mineros constituyen un problema ambiental por las dificultades existentes para su adecuado almacenamiento, lo que se explica principalmente por las características geográficas donde se realiza la actividad minera (zonas escarpadas, de difícil acceso) que no permiten contar con áreas adecuadas para almacenar grandes volúmenes de material desechado, al ser muy complicado o caro construir canchas donde se puedan depositar los relaves por tiempo indeterminado, lo usual es utilizar depresiones naturales.

Esto, sin embargo, generalmente implica que los relaves terminan filtrándose hacia riachuelos, ríos o lagos, donde no sólo destruyen la vida animal y vegetal, que constituye una fuente de alimentos para el poblador andino, sino que impiden la utilización de esas aguas en la agricultura.

Los relaves mineros, por lo tanto, dañan el medio ambiente al disminuir significativamente la capacidad de las aguas continentales para sostener una biomasa que se pueda explotar comercialmente. Además de los relaves, otras fuentes de contaminación son las aguas residuales generadas en los centros urbanos, que se arrojan sin tratamiento sobre cuerpos de aguas con una muy limitada capacidad para degradar estas sustancias y hacerlas inofensivas.

#### **b. Identificación de Efluentes Contaminantes**

La calidad de agua de los efluentes (por ejemplo, cualquier agua que se descarga de la mina o de la planta procesadora) que drenan de cada sitio minero es específica de dicho sitio. Algunos sitios o lugares mineros han establecido programas regulares de muestreo para componentes específicos; sin embargo, hasta la fecha no hay suficientes datos para caracterizar la calidad del agua en las minas del Perú. Parece ser que los principales problemas que se someterán a monitoreo sobre calidad de agua en las minas, incluyen: drenaje ácido con elevadas concentraciones de sulfatos y metales disueltos; sólidos en suspensión y contenido de metales totales asociados; drenaje casi neutro con elevadas concentraciones de metales disueltos y nutrientes; reactivos químicos de proceso, especialmente cianuro; y aguas negras o servida

Los efluentes líquidos Minero-Metalúrgico, son flujos descargados al ambiente, que provienen:

1. De cualquier labor excavación o trabajo efectuado en el terreno, o de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales asociadas con labores, excavaciones o trabajos efectuados dentro de los linderos de una unidad minera.

2. De depósitos de relaves u otras instalaciones de tratamiento que produzcan aguas residuales.
3. De concentradoras, plantas de tostación, fundición y refineras, siempre que las instalaciones sean usadas para el lavado, trituración, molienda, flotación, reducción, lixiviación, tostación, sinterización, fundición, refinación o tratamiento de cualquier mineral, concentrado, metal o subproducto.
4. De campamentos propios.
5. De cualquier confinación antes mencionada.

Los problemas de la contaminación en las aguas continentales, es decir, ríos y lagos, se dan muchas veces en espacios "cerrados", donde los agentes contaminantes difícilmente pueden diluirse o dispersarse hasta ser inofensivos.

Por el contrario, la contaminación causada en un riachuelo puede terminar siendo arrastrada hacia ríos de mayor caudal y/o lagos, deteriorando a su paso el medio ambiente.

Entre las principales causas de contaminación se pueden mencionar: los relaves mineros y las aguas residuales provenientes de los centros urbanos.

### **c. Límites Máximos Permisibles**

Con la finalidad de controlar los efluentes líquidos de la industria minero-metalúrgica y contribuir efectivamente a la protección ambiental, el Ministerio de Energía y Minas del Perú, ha fijado los siguientes Niveles Máximos Permisibles de los parámetros que ocasionan un impacto ambiental; los que se muestran en las tablas N° 3.1 y 3.2, respectivamente:

**Tabla N° 3.1****Niveles Máximos Permisibles en las Unidades Minero Metalúrgicas en Operación**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor en cualquier momento</b>	<b>Valor promedio anual</b>
pH	Mayor que 6 y menor que 9	Mayor que 6 y menor que 9
Sólidos suspendidos(mg/L)	50	25
Plomo(mg/L)	0.4	0.2
Cobre(mg/L)	1.0	0.3
Zinc(mg/L)	3.0	1.0
Fierro(mg/L)	2.0	1.0
Arsénico(mg/L)	1.0	0.5
Cianuro Total(mg/L) *	1.0	1.0

\* Cianuro Total, equivalente a 0.1 mg/L de cianuro libre y 0.2 mg/L de Cianuro fácilmente disociado en ácido.

**Tabla N° 3.2**  
**Niveles Máximos Permisibles en las Unidades Minero Metalúrgicas que**  
**inician una Operación**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor En Cualquier Momento</b>	<b>Valor Promedio Anual</b>
pH	Mayor que 5.5 y Menor que 10.5	Mayor que 5.5 y Menor que 10.5
Sólidos suspendidos(mg/L)	100	50
Plomo(mg/L)	1	0.5
Cobre(mg/L)	2	1
Zinc(mg/L)	6	3
Fierro(mg/L)	5	2
Arsénico(mg/L)	1	0.5
Cianuro Total(mg/L) *	2	1

\* Cianuro Total, equivalente a 0.1 mg/L de cianuro libre y 0.2 mg/L de Cianuro fácilmente disociado en ácido.

Fuente: R.M 011-96 EM/VMM: “Niveles máximos permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades Minero-Metalúrgicas” 1996. Ministerio de Energía y Minas. Perú.

### **3.2 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los Efluentes Líquidos para la Industria Petrolera**

El origen del petróleo, son microorganismos marinos en sedimentos de grano fino, bajo condiciones de escaso oxígeno, sometidos a alta presión y alta temperatura (lechos marinos)

Estos hidrocarburos migraron a rocas adyacentes y porosas con espacios saturados de agua salada, quedando entrapados en rocas permeables y porosas con sello.

El petróleo esta compuesto de hidrocarburos azufre, nitrógeno, oxígeno y gases disueltos como:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ .

#### **a. Descripción del Proceso**

##### **Extracción de Petróleo**

Actualmente, las compañías petroleras en el Perú extraen petróleo crudo principalmente, de dos regiones del país:

- (1) La región costera/marítima en el noroeste peruano y
- (2) La selva húmeda amazónica en el noreste.

Existe particular preocupación por las actividades de extracción de petróleo en la región amazónica por dos razones importantes.

Primero, la selva amazónica es un ecosistema frágil con suelos delgados, altamente erosionables, un alto nivel de precipitación anual, numerosas fuentes de aguas superficiales y una gran diversidad de vida acuática en los ríos y corrientes de la región. Segundo, el petróleo de esta región contiene considerablemente más agua de formación que las reservas petroleras en la región costera, seca, del Perú. Por ejemplo, cada diez barriles de petróleo extraídos de los pozos ubicados en la costa noroccidental del Perú, normalmente, contienen alrededor de un barril de agua. Después de la separación petróleo-agua, frecuentemente el agua se deja

evaporar en pozas y, por consiguiente, no se produce descargas en aguas superficiales. Sin embargo, en la selva amazónica, como promedio, de cada diez barriles de petróleo extraídos se produce hasta nueve barriles de agua salina, caliente. Actualmente, después de la separación, esta agua producida es descargada en aguas superficiales.

### **Refinación de Petróleo**

En el Perú, las refinерías de petróleo convierten el petróleo crudo a través de una serie de procesos físicos y químicos, para producir una amplia gama de productos y subproductos comercializables. Los productos de petróleo más comunes son gasolina, petróleo diesel y kerosene. Existen cinco tipos generales de procesos utilizados en la refinación: destilación, desintegración catalítica, desintegración térmica, hidrocalentamiento y reestructuración/reformación. Las refinерías en Perú también "desalinizan" el petróleo crudo recibido lavándolo con agua. Todas estas operaciones tienen el potencial para producir aguas residuales. Los procesos específicos en los que se observa generación de aguas residuales son: desalinización, destilación, desintegración, hidrodesulfurización y alquilación.

### **b. Identificación de Efluentes Contaminantes**

Los efluentes líquidos de las actividades de la Industria Petrolera, son descargados al ambiente, y provienen de las operaciones de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, almacenamiento, y comercialización de la industria de hidrocarburos.

Con el fin de proteger el medio ambiente de las descargas de agua contaminada proveniente de la extracción y refinación de petróleo, es necesario que las empresas petroleras implementen un programa eficaz de monitoreo de la calidad del agua.

Este programa debe incluir tanto el monitoreo de las descargas de aguas residuales en el medio ambiente como el monitoreo de las aguas receptoras.

El Perú tiene considerables reservas petroleras y dichas fuentes están siendo explotadas actualmente tanto en las regiones costeras y en el mar de la parte noroccidental del país como en la selva húmeda amazónica del oriente peruano. En estas regiones también se refina el petróleo y las aguas residuales son descargadas en el ambiente.

Los desechos líquidos y aguas residuales deben ser tratados, para disminuir el contenido de aceites y grasas, antes de su descarga a acuíferos o aguas superficiales, para que cumplan con los límites de calidad de la Ley General de Aguas, entre los métodos a utilizar, a criterio del diseñador, están: tratamiento primario de separación por gravedad (Separadores API, Separadores CPI), flotación (Con aire disuelto, con aire inducido), floculación, biodegradación, coagulación química y sedimentación, filtración (lecho granular y cartucho), neutralización, etc.

Las aguas residuales de la extracción y de la refinación, con frecuencia, son tratadas mediante procesos físicos. También se usan métodos químicos o biológicos, particularmente en el caso de refinerías. El tratamiento físico involucra técnicas de separación por gravedad para remover petróleo y sólidos suspendidos. El separador API es el dispositivo más común para la separación por gravedad. Este tipo de separador se utiliza en muchas refinerías del Perú. El dispositivo consiste de un estanque diseñado para maximizar la sedimentación de sólidos y la flotación de petróleo. El petróleo es luego recuperado y bombeado normalmente hacia dispositivos de almacenamiento.

La flotación por aire disuelto es otra técnica de tratamiento físico utilizada principalmente para una mayor separación entre petróleo y agua. Actualmente, este método no se utiliza en las refinerías del Perú. Más aún, ningún método de

tratamiento químico o biológico es usado en éstas. Sin embargo, las refinerías tienen instalaciones para la neutralización periódica de residuos cáusticos o alcalinos, según sea necesario, y por ejemplo, la refinería de "La Pampilla" en el Callao, tiene un estanque exclusivamente construido para este propósito.

Las instalaciones de la industria de los hidrocarburos deben contar con un control y registro de sus emisiones en metros cúbicos por segundo, para los líquidos y gases y en toneladas métricas por mes para los sólidos y fangos.

La disposición del agua producida durante la etapa de explotación, debe llevarse a cabo de acuerdo al volumen y calidad de esta agua y a las características de los cuerpos receptores disponibles, tales como ríos, lagos, mar, y preferentemente por reinyección a formaciones someras y profundas con capacidad de almacenamiento a presiones razonables y con estructuras de sello apropiadas.

La descarga del efluente no deberá incrementar más de 3°C la temperatura del Cuerpo Receptor, considerándose este valor a partir de un radio de 500 m en torno al punto de emisión.

### **c. Límites Máximos Permisibles**

Con al finalidad de controlar y evitar la contaminación ambiental, el Ministerio de Energía y Minas del Perú, ha dado los Niveles Máximos Permisibles, para efluentes líquidos producto de las actividades de la industria petrolera; que son mostrados en la Tabla N° 3.3.

**Tabla N° 3.3****Niveles Máximos Permisibles en las Actividades de Hidrocarburos**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor En Cualquier Momento</b>	<b>Valor Promedio Anual</b>
pH	Mayor que 5.5 Menor que 9	Mayor que 5.5 Menor que 9
Aceites y Grasas (mg/L.) descarga al mar	50	30
Aceites y Grasas (mg/L.) descarga a aguas continentales	30	20
Cloruros, mg/L	*	*
Bario, mg/L	5.0	3.0
Plomo, mg/L	0.4	0.2

\* La concentración promedio anual de cloruros en el punto de control del Cuerpo Receptor, no debe ser mayor a 250 mg/L, de tener el Cuerpo Receptor concentraciones naturales superiores a 250 mg/L, antes del punto de vertimiento, el o los efluentes podrán incrementar la concentración de cloruros hasta 10 mg/L.

Fuente: R.D. 030-96 EM/DGAA "Niveles Máximos permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades de Hidrocarburos" (07-11-96) Ministerio de Energía y Minas. Perú.

### **3.3 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los Efluentes Líquidos para la Industria Manufacturera**

El MITINCI luego de la aprobación del “Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera”, D.S. N° 019-97-ITINCI del 01.10.1997, dada la complejidad y diversidad de subsectores industriales bajo su ámbito de competencia, decidió trabajar en cuatro subsectores priorizados: cerveza, cemento, curtiembre y papel.

A partir de ese momento, se ha venido desarrollando una ardua labor en cada uno de los mencionados subsectores, destinados a definir las propuestas de Límites Máximos Permisibles.

#### **3.3.1 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los Efluentes Líquidos para La Industria Cervecera**

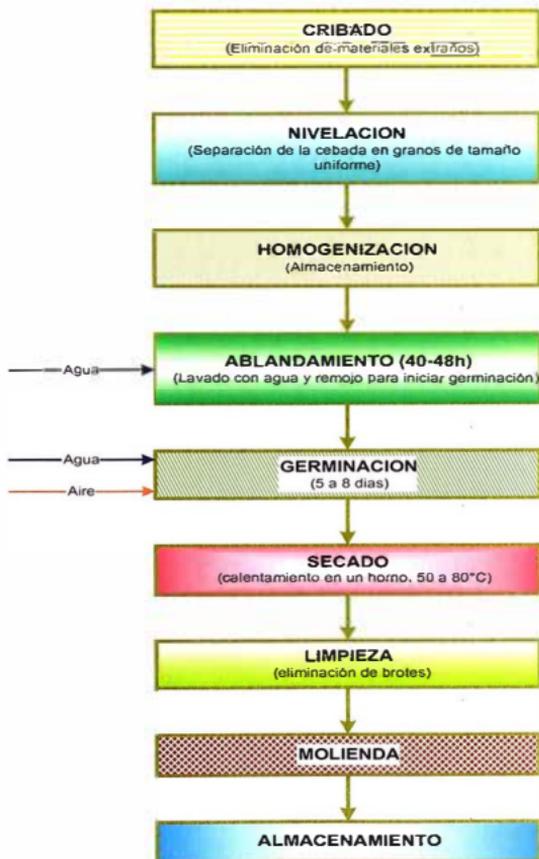
##### **a. Descripción del Proceso Productivo.**

A continuación describiremos brevemente el proceso productivo de la Cerveza.

##### **Obtención de Malta**

La malta se obtiene de la cebada a través de un proceso que se inicia con el remojo de los granos de la cebada con agua fría. A continuación, la cebada se transfiere a compartimentos apropiados donde se desarrolla su germinación en un periodo de 5 a 8 días. La cebada germinada se lleva hacia un horno de secado para su curado, el horno se calienta de 50 a 80°C. El calor interrumpe el proceso de germinado y carameliza parcialmente la malta (Figura N° 1)

**Figura N° 1**  
**Proceso de Obtención de Malta**



### **Fabricación de Cerveza**

El proceso de fabricación de la cerveza se lleva a cabo en las siguientes fases:

Acondicionamiento de la malta: La malta preparada se guarda en silos o sacos.

Para su uso en la fabricación de la cerveza, la malta es molida a una granulometría específica y se almacena en silos apropiados.

- **Preparación del Mosto:** Se utiliza grits de maíz o arroz (maíz/arroz molido en pequeñas partículas). El maíz o arroz se cocina en una olla (de jarabes) durante 1,5 horas a 120°C. Paralelamente, en otra olla (de mostura), la malta se cocina a 60°C durante un periodo similar. Después de esta fase, el maíz o arroz se transfiere a la olla de mostura donde se realiza la sacarificación de los almidones (carbohidratos) de la malta y del maíz o arroz. Esta solución se le denomina mosto.
- **Filtración del Mosto:** Después de la sacarificación, el mosto se transfiere a un filtro-prensa (lauter tun) o una cuba de filtrado (provista de tela y raspador) para la separación de la pulpa (afrecho) de malta y maíz o arroz. La pulpa se guarda en un silo específico para su comercialización posterior como alimento para animales.
- **Ebullición del mosto:** El mosto filtrado es enviado a la olla o paila de ebullición (2-3 horas a 100°C), donde recibe el azúcar (no necesariamente) y el lúpulo, en forma de pelotillas y extracto, el cual es el responsable para proporcionar el aroma y amargor característico de la cerveza. En esta paila ocurre la inactivación de las enzimas, la coagulación de materias nitrogenadas (proteínas) y la esterilización del mosto.

Separación de proteínas: El mosto hervido es enviado, a un tanque redondo denominado "WHIRPOOL", donde se inyecta tangencialmente a gran velocidad, para ayudar la precipitación/decantación de las proteínas coaguladas. Este residuo, llamado "TRUB espeso", es enviado al silo de afrecho para su comercialización como alimento para animales.

- Fermentación y Maduración: En el proceso de fermentación, el mosto es enfriado entre 6-10°C y aireado con aire esterilizado y es enviado a los tanques de fermentación. A estos tanques de fermentación se agregan levaduras.

El proceso de fermentación dura de 6 a 9 días y se divide en dos fases:

- a. Reproducción de levadura (aeróbica), con aumento de la cantidad de levadura de 2 a 6 veces;
- b. Fermentación propiamente dicha (anaerobio).

Siendo una reacción exotérmica, la temperatura se controla rigurosamente.

El proceso de fermentación transforma los azúcares en CO<sub>2</sub> y alcohol, y el CO<sub>2</sub> en el exceso se lleva a un sistema de recuperación y purificación para ser usado después en el proceso del embalaje.

La levadura, después de la fermentación, se deposita en el fondo del tanque de donde se retira y almacena para reutilizar en una nueva carga. Al final de la fase de fermentación, la solución se denomina cerveza.

A continuación, empieza el proceso de maduración de la cerveza (2 a 8 semanas) a baja temperatura (aproximadamente a 0°C)

- **Filtración**

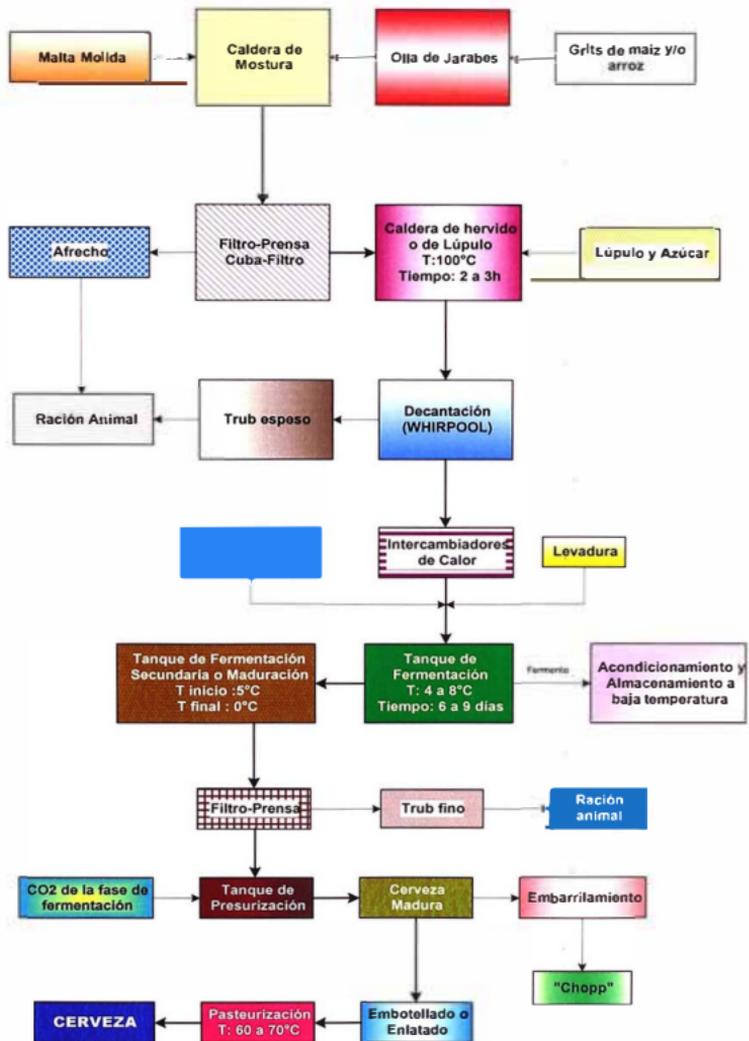
Después de la maduración, la cerveza se pasa por un proceso de filtración a través de filtros de hojas verticales o placas horizontales, usando tierra diatomácea como medio de filtrado y después (en algunos casos) pasando por los filtros pulidores (de cartón). En los filtros, se retienen la levadura y las sustancias nitrogenadas residuales e insolubles.

- **Acondicionamiento Final**

**Embarrilamiento:** La cerveza, proveniente del sistema de filtración es automáticamente acondicionado en barriles limpios de acero inoxidable, previamente lavadas y esterilizadas.

**Embotellamiento/Enlatamiento:** La cerveza filtrada es condicionada en botellas o latas. Primeramente las botellas pasan por un proceso de lavado alcalino y esterilización con agua caliente y fría en un equipo específico. Después de la limpieza y ser inspeccionadas son llenados con la cerveza. El proceso siguiente es la pasteurización mediante el incremento de la temperatura (de temperatura ambiente hasta 65°C) y luego disminución de la temperatura (65°C hasta temperatura ambiente) con aspersión de agua en equipo adecuado.

En la Figura N° 2 se observa el diagrama de flujo de elaboración de cerveza.



**Figura N° 2**

**Diagrama de flujo básico para la fabricación de la cerveza**

**b. Identificación de Efluentes Contaminantes:**

Como se describió, la cerveza es una bebida obtenida mediante fermentación alcohólica, de un mosto fabricado con agua, malta de cebada, con otro grano crudo (maíz o arroz) y/o sucedáneos (glucosa, sacarosa) y aromatizada con lúpulo.

El proceso de fabricación de cerveza presenta diversos puntos de generación de efluentes, en forma general los efluentes se producen en el lavado de suelos, equipos, tanques de fermentación y maduración, lavado de botellas, barriles y cajas plásticas.

Dada la complejidad que existe en las diversas etapas de producción de la cerveza y la naturaleza de las materias primas utilizadas, la composición química y microbiológica del efluente de una cervecería es muy variada.

A continuación se detallan algunas características de los efluentes de las diferentes etapas de producción:

1. Residuos de Maltería, en las cervecías que poseen producción de la malta, es una característica que los efluentes contengan granos de cebada en suspensión o de sólidos sedimentables, proveniente de las impurezas de la materia prima, poseen color y turbiedad bastante elevadas y un pH que varía entre 7 a 8, puede llegar hasta 10 o 11 durante el lavado de soda cáustica de los tanques de remojo, desde el punto de vista químico, los efluentes de la maltería contienen principalmente legumina, fibrina, maltosa y arabinosa.
2. Residuos de la fase de Cocción, el origen de los residuos proviene del mosto y del lavado de los equipos, y la composición de los efluentes es una solución acuosa de azúcares, dextrina, proteínas, taninos y resinas.

3. Residuos de la fase de Fermentación, el origen de los residuos es el lavado de tanques y la composición de los efluentes es una mezcla de alcohol etílico, ácidos, aldehídos, cetonas, esteres y bacterias.
4. Residuos de la Fermentación, el origen de los residuos es del fondo de las cubas, y la composición de los efluentes es un líquido enriquecido de proteínas y productos derivados de su degradación.

Además de los residuos mostrados, puede encontrarse en los efluentes, restos de etiquetas de las botellas, almidón, fermento decantado o centrifugado, tierra diatomea y una cantidad pequeña de cerveza proveniente del fermento descartado y de las botellas que se rompen durante la pasteurización.

Todos estos efluentes se caracterizan por presentar un  $\text{DBO}_5$  alto y son ricos en proteínas que se descomponen rápidamente, produciendo fuertes olores.

### **c. Límites Máximos Permisibles**

Existen límites máximos permisibles propuestos por MITICI, para los efluentes de la Industria Cervecera y dependen de donde estos se viertan; ya sea al alcantarillado o aguas superficiales, como se indican en las tablas N° 3.4 y 3.5, respectivamente.

**Tabla N° 3.4**

**Niveles Máximos Permisibles de Efluentes de la Actividad Cervecera  
Vertidos al Alcantarillado**

<b>Parámetro</b>	<b>Actividades Existentes</b>	<b>Actividades Nuevas</b>
pH	6 a 9	6 a 9
Temperatura, °C	35	35
Aceites y Grasas, mg/L	20	15
DBO <sub>5</sub> , mg/L	1000	500
DQO, mg/L	1500	1000
Sólidos Sedimentables total, mg/L	500	350

**Tabla N° 3.5**

**Niveles Máximos Permisibles de Efluentes de la Actividad Cervecera  
Vertidos en Aguas Superficiales**

<b>Parámetro</b>	<b>Actividades Existentes</b>	<b>Actividades Nuevas</b>
pH	6 a 9	6 a 9
Temperatura, °C	35	35
Aceites y Grasas, mg/L	5	2,5
DBO <sub>5</sub> , mg/L	50	30
DQO, mg/L	250	50
Sólidos Sedimentables total, mg/L	50	30

### 3.3.2 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los Efluentes Líquidos para la Industria Cementera

#### a. Descripción Del Proceso

El proceso de producción se inicia con la extracción de las materias primas (caliza y otros) de la zona de canteras mediante un sistema de explotación superficial (tajo abierto).

La caliza se transforma en un producto intermedio debidamente balanceado denominado clinker, por un proceso de transformación físico-químico a alta temperatura (1 450°C). El clinker finamente molido con yeso da como producto final los Cementos Portland Tipo I al V. Si a esta mezcla se le adiciona puzolana en el momento de la molienda, se obtendrá el Cemento Portland Puzolánico.

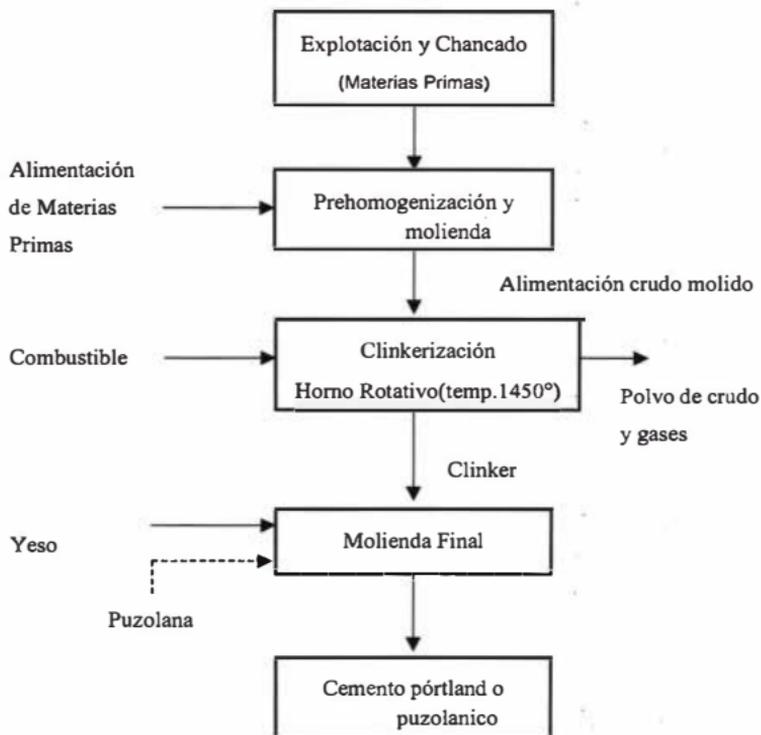
Las etapas del proceso industrial, se describen a continuación:

<b>Proceso</b>	<b>Etapas</b>
Reducción del tamaño de la caliza y su homogeneización	Chancado primario, Chancado secundario, Pre-homogeneización Molienda y homogeneización
Obtención del clinker	Precalentamiento Clinkerización Enfriamiento
Obtención del Cemento	Molienda, Envasado y Despacho

En el país se usan dos procesos principales para la fabricación del cemento:

1. El proceso seco donde las materias primas son reducidas a un tamaño apropiado, luego son molidas, mezcladas y alimentadas al horno para formar el clinker, después del cual se agrega yeso al clinker y la mezcla final es molida para formar el cemento portland.
2. El proceso húmedo, difiere del anterior en que para adecuar la materia prima, se agrega agua durante la molienda, luego el material es agregado al horno en la forma de un lodo (slurry).

La Figura N° 3 adjunta, muestra un Diagrama de Flujo Básico para la Fabricación de Cemento Portland.

**Figura N° 3****Diagrama de Flujo Básico de Proceso de Cemento**

El consumo de agua depende del tipo de proceso, seco o húmedo. En un proceso seco se emplea agua sólo en el sistema de enfriamiento y acondicionamiento de gases cuando se tienen electrofiltros, y para la refrigeración de los equipos, usualmente en circuito cerrado. Esta agua es totalmente consumida y no produce efluentes líquidos. Los efluentes de las plantas son por servicios domésticos y está en función del número de trabajadores.

#### **b. Identificación de Efluentes Contaminantes**

El proceso de fabricación de cemento genera pocos o ningún efluente líquido. La médula del proceso de fabricación de cemento es por reacción de materiales crudos en un horno rotatorio a altas temperaturas. Aún cuando en algunos casos se agrega agua al inicio del proceso de fabricación de cemento, las temperaturas son tan altas que toda el agua se evapora. Como resultado de ello, las principales operaciones del proceso no generan efluentes líquidos. Asimismo, en vista que la fabricación de cemento es un proceso continuo (en contraposición a un proceso por tandas), las paralizaciones de la planta no suceden sobre la base de un calendario regular. Por consiguiente, los únicos efluentes líquidos vinculados al proceso serían las aguas usadas para limpieza ocasional durante las paralizaciones de la planta, los desagües domésticos de las oficinas y/o campamentos. La disposición final de estos efluentes en la actualidad dependiendo de su ubicación geográfica es: red pública, pozas sépticas y lagunas de oxidación.

**Tabla N° 3.6****Lectura de los Parámetros Contaminantes en la Industria Cementera**

Parámetros	Alcantarillado		Aguas Superficiales	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio
pH	7,5 – 7,57	7,5	7,1 – 7,9	7,5
Temperatura (°C)	22,1 – 22,9	23	11 – 22,6	18
SST (mg/L)	68	68	5 – 30,2	18

La Tabla N° 3.6 muestra el resumen de las concentraciones de los efluentes, encontradas en las industrias existentes en el ámbito nacional, de acuerdo al tipo de vertimientos.

Por lo tanto, los residuos industriales líquidos no constituyen un problema mayor para las fabricas de cemento, es importante sin embargo generar una estrategia de control y monitoreo de los lodos en especial de la cantidad de sólidos en suspensión, el pH y la temperatura de salida de la descarga de los efluentes líquidos de las plantas.

**c. Límites Máximos Permisibles**

Se está proponiendo el establecimiento de Límites Máximos Permisibles (LMP) para los parámetros: pH, Temperatura (T°) y Sólidos Sedimentables Totales (SST), dado que estos parámetros son los que se producen como desarrollo de la actividad de éste subsector.

Existen límites máximos permisibles propuestos dependiendo del lugar donde se vierten las aguas residuales, ya sea el alcantarillado o aguas superficiales. Se están regulando todos los parámetros establecidos en las normas nacionales.

El mayor problema de contaminación ocasionada por la actividad cementera no se encuentra en la generación de contaminantes provenientes de las aguas residuales; sin embargo, se considera necesario su regulación porque están establecidas las normas nacionales de otros sectores (SEDAPAL y Ministerio de Salud).

A continuación se detallan los límites máximos permisibles de los efluentes, al alcantarillado y a las aguas superficiales, en las tablas N° 3.7 y 3.8, respectivamente.

**Tabla N° 3.7**

**Limites Máximos Permisibles para Efluentes de la Industria Cementera que se Descargan en La Red Pública**

<b>Parámetro</b>	<b>Actividades Existentes</b>	<b>Actividades Nuevas</b>
Nivel de alcalinidad y acidez (pH)	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
Temperatura (°C)	35,0	35,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/L	100,0	50,0

**Tabla N° 3.8**

**Límites Máximos Permisibles para Efluentes de la Industria  
Cementera que se Descargan en Aguas Superficiales**

<b>Parámetro</b>	<b>Actividades Existentes</b>	<b>Actividades Nuevas</b>
Nivel de alcalinidad y acidez (pH)	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
Temperatura (°C)	35,0	35,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/L	50,0	30,0

**3.3.3 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los  
Efluentes Líquidos para la Industria del Curtiembre**

**a. Descripción del Proceso**

A continuación se Presentará unos resúmenes de los principales procesos que se realizan en esta industria:

Curtición es el proceso mediante el cual se convierten las pieles de los animales, tales como bovinos, ovinos y porcinos, en cuero. En general, las principales etapas o procesos industriales involucrados en el proceso de curtición, son las siguientes: pre-tratamiento y almacenamiento, ribera, curtido y acabado, tal como se muestra en la Figura N° 4.

**1.- Pre-Tratamiento y Almacenamiento**

El procesamiento del cuero puede empezar poco después del sacrificio del animal, pero en muchos casos se almacenan las pieles por tiempo prolongado. Cuando ellas son almacenadas, deben recibir un tratamiento para impedir el desarrollo de microorganismos con consecuente putrefacción de las mismas.

- **Pieles Saladas**

La preservación se realiza inicialmente por inmersión en salmuera. Las pieles se apilan, intercalándolas con una capa de sal. En estas condiciones se pueden guardar por meses previos al proceso de curtición, ya que saladas presentan una fuerte resistencia a los micro-organismos. Por otro lado, salar le permite a la empresa tener un stock que no es afectado por problemas de escasez o por ciclo de estación.

- **Pieles Verdes**

Cuando el tiempo entre el sacrificio del animal y el procesamiento de la piel es corto, la curtición se puede iniciar sin ningún pre-tratamiento. En este caso, las pieles se denominan “pieles verdes”.

## **2.- Ribera**

El objetivo de la ribera es limpiar y preparar la piel para facilitar la etapa de curtido. Las operaciones comunes a la mayoría de las pieles, independientemente del proceso de curtido posterior o al tipo de producto son: Reverdecimiento o Remojo, caleado y pelambre, descarnamiento o descarnado y División ( cuando se producen vaquetas)

La mayor cantidad (aproximadamente 65%) de los efluentes líquidos generados en curtiembres proviene de los procesos de ribera (reverdecimiento, pelambre, descarnado y división). El resto proviene del curtido, lavado final y de la limpieza de la planta. En la ribera los efluentes líquidos presentan altos valores de pH, considerable contenido de cal y sulfatos libres, así como sulfuros y una elevada DBO, debido a la presencia de materia orgánica y grasas animales provenientes de los sólidos suspendidos generados durante este proceso.

- **Remojo**

El objetivo de esta operación es rehidratar los cueros. Los cueros verdes se lavan simplemente para quitar la sangre y materias orgánicas adheridas al pelo. Los cueros salados son remojados con varios baños de agua enriquecidos con humectantes, bactericidas, detergentes y desinfectantes. La operación de remojo se lleva a cabo en tambores rotativos o en tanques donde se generan los efluentes líquidos que contienen sal, sangre, tierra, heces, sebo y grasas que aumentan la DBO<sub>5</sub>. La operación dura de seis a 24 horas, los efluentes se desechan de manera intermitente.

- **Pelambre**

Después del remojo, las pieles pasan al proceso de pelambre. Esta operación se realiza para hinchar la epidermis, retirar el pelo del cuero, saponificar las grasas naturales y entumecer las fibras para facilitar el efecto del curtido. Se utiliza un baño con agitación periódica en una solución que contiene sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) y cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), durante un periodo que varía entre 17 a 20 horas. Puede reducirse el tiempo del caleado aumentando la concentración del sulfuro de sodio.

Las aguas residuales de esta operación son las más concentradas de todas las generadas en el proceso de la fabricación del cuero y representan un 70% a 80% de toda la contaminación de la carga originada en los efluentes principalmente como DQO, sólidos suspendidos y sulfuros. Presentan valores elevados de pH (superiores a 11) y restos de sebo, camaza, pelo, sulfuros y proteínas solubles. Debido a estas altas concentraciones, las aguas residuales de pelambre pueden ser reutilizadas cuatro o cinco veces previo retiro de los sólidos mediante bombeo y un tanque de recepción en el cuál se repotencia el sulfuro para el siguiente lote.

El sulfuro de sodio, en medio alcalino, no libera ácido sulfídrico. Sin embargo, en presencia de pH bajo (efluente ácido) hay fuerte desprendimiento de ácido sulfídrico con el olor característico y un gran poder de corrosión. Con un pH por debajo de 8,0 se inicia el desprendimiento de ácido sulfídrico en suficiente cantidad que causa incomodidad por su fuerte olor a huevos podridos. Es importante mantener el pH por encima de 8 para que esto no suceda. Una forma alternativa de lograr esto consiste en diluir el caldo con otros efluentes para bajar su concentración.

Esta etapa del proceso, además de aportar el 70% de la carga orgánica al efluente, aporta la totalidad de los sulfuros residuales, el 45% de los residuos sólidos sin cromo, el 35% del nitrógeno total y representa el 50% del volumen del efluente. Si hay un lugar donde se debe de tratar de reducir la contaminación a su máxima expresión, es aquí.

- **Descarne**

La operación de descarne involucra la remoción de los tejidos adiposos, subcutáneos, musculares y el sebo adheridos a la cara interna de la piel, para permitir una penetración más fácil de los productos curtiembres. Esta operación puede llevarse a cabo con máquinas o manualmente en curtiembres de pequeño tamaño. Algunas curtiembres realizan un pre-descarne con pelo antes del caleado, tratando de reducir el consumo de los químicos auxiliares (cal y sulfuro de sodio) y agua, y, recuperar las grasas naturales de las carnazas lo cual representa obtener todas las ventajas mencionadas en el descamado en verde.

Los efluentes líquidos resultantes del descarne presentan concentraciones altas de sólidos en suspensión (proteínas disueltas) y pH ácido y deberían de ser tamizados para incorporarse al efluente del pelambre. Los sebos y piltrafas resultantes son utilizados por los fabricantes de cola después de un lavado de la cal ya que son puro colágeno y grasas. Hay empresas de gran

producción (pe. Elmo Calf, Suecia) que obtienen una ganancia marginal de la recuperación de las grasas del cuero la cual es utilizada para cosméticos finos y el colágeno lo procesan en alimentos balanceados para el ganado. Otros usan esta grasa recuperada para volverla a incluir en el cuero con los aceites, en el se lleva a una fábrica de gelatina en Holanda. En países en desarrollo, la cola es utilizada para cosméticos finos y el colágeno lo procesan en alimentos balanceados para el ganado. Otros usan esta grasa recuperada para volverla a incluir en el cuero con los aceites en el engrase. En Europa gran parte de los recortes y piltrafas del descarme y dividido en tripa se lleva a Holanda a una fábrica para la fabricación de gelatina. En países en desarrollo la cola es utilizada para la fabricación de pinturas o gelatinas de baja concentración que es vendidos a fábricas de caramelos. En Arequipa muchos fabricantes de cola han hecho de esta actividad una industria que genera ingresos adicionales y reducen la carga contaminante en la curtiembre.

- **Dividida**

Se puede hacer en la ribera después del pelambre o después del curtido con el cuero en “ wet-blue”. Esta operación consiste en dividir en dos capas la piel hinchada y depilada separando la flor, que es la parte de la piel que está en contacto con la carne. Aquí, además de partir el cuero en dos capas, también se generan piltrafas además de los recortes de la parte inferior o carnaza.

Si esto se da en la etapa del pelambre, el subproducto que son piltrafas y retazos pueden ser entregados a las fábricas de cola o gelatina tal como se describe en la sección del descarme. Si ya los cueros están curtidos y contienen sales de cromo, entonces se procesan con las piltrafas de la máquina rebajadora. En Italia, por ejemplo, éstas se juntan en una planta que recupera el cromo y convierte el excedente en fertilizante.

### **3.- Curtido**

El curtido comprende los siguientes pasos: Desencalado (cuando se producen vaquetas), Purga (cuando se producen vaquetas), Piquelado (No se lleve a cabo en curtido vegetal tanino).

- **Desencalado y Purga**

El desencalado es la preparación de las pieles para la curtición, mediante lavados con agua limpia, tratando de reducir la alcalinidad y removiendo los residuos de cal y sulfuro de sodio. Se utilizan aguas que contienen sulfato de amonio y ácidos. Esta operación se lleva a cabo en tambores rotativos. Esto genera parte del efluente con cargas de cal y sulfuro de sodio que deberán ser procesadas en el efluente posteriormente.

- **Piquelado**

La operación de piquelado se realiza en los tambores rotativos como preparación para el curtido. Consiste en la acidulación de las pieles, con el objeto de evitar el hinchamiento y para fijar las sales de cromo entre las células. Esta operación no se lleva a cabo en el curtido vegetal (con tanino). Por su contenido ácido puede ser utilizado con fines de neutralización en un efluente alcalino.

- **Curtido**

Este proceso tiene el objetivo de convertir las pieles en materiales fuertes y resistentes a la putrefacción. Existen tres tipos de procesos de curtido, según el curtiente empleado, a saber:

Curtido vegetal: emplea taninos vegetales.

Curtido mineral: emplea sales minerales

Curtido sintético: emplea curtientes sintéticos

### **a. Curtido Vegetal**

Este tipo de curtición se usa para la producción de suelas. Las fuentes del tanino más empleadas son: el extracto de quebracho y corteza de acacia negra y la mimosa. Antiguamente, las pieles eran curtidas en pozas. Este proceso tomaba varias semanas. Hoy en día las curtiembres modernas curten las pieles en tambores rotativos durante 12 horas con una solución al 12% de tanino. Otras siguen curtiendo en pozas pero con recirculación y control de la concentración del caldo.

### **b. Curtido Mineral**

El curtido mineral se usa en la producción de cueros para la fabricación de calzados, guantes, ropa, bolsas, etc. La ventaja principal de este proceso es la reducción del tiempo de curtido a menos de un día, además de producir un cuero con mayor resistencia al calor y al desgaste. En el curtido mineral se utilizan sales de cromo. Las de magnesio, y aluminio también se usan para casos especiales, siendo los cromatos los más utilizados. El curtido se realiza en tambores.

Típicamente se usan sales de cromo trivalente (por ejemplo: óxido crómico,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) con una concentración que varía de 1,5 a 8 por ciento de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Debido al color azul verdoso de los cueros curtidos con sales de cromo, se le denomina "wet blue". Bajo ningún concepto, si se utiliza cromo como agente curtiente, utilizar el cromo hexavalente: solo se utiliza trivalente ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) porque el empleo de sales de cromo hexavalente conduce a la generación de residuos sólidos de carácter peligroso.

### **c. Curtido Sintético**

En el curtido sintético se usan curtientes orgánicos sobre la base del formol, quinona y otros productos. Estos curtientes proporcionan un curtido más

uniforme y aumentan la penetración de los taninos. Debido a sus costos elevados, son poco usados.

#### **4.- Acabado**

En esta etapa se puede procesar el cuero curtido al vegetal o curtido al cromo. En el curtido vegetal se procesa el cuero para la fabricación de suela, de cuero para talabartería, correas, monturas, usos industriales, y de cuero para repujados.

El acabado de suelas comprende: Prensado, engrase, secado y estiramiento (proceso opcional).

El acabado de vaquetas comprende: Prensado, rebajamiento, neutralización, recurtido, blanqueado, teñido, engrase, secado y pulido (proceso opcional).

Las vaquetas acabadas con el curtido al cromo reciben otro tipo de acabado. Después del proceso de curtido tienen que descansar en húmedo por algunas horas o hasta el día siguiente para fijar el cromo en el tejido del cuero. Después hay que quitar el exceso de agua con una máquina de escurrir y como puede haberse formado arrugas, se les pasa por una máquina de estirar. Estas operaciones son llevadas a cabo por vía seca o húmeda, con el propósito de conferir al cuero el aspecto y las propiedades requeridos según su uso final.

##### **• Prensado**

Después del curtido, se realiza un prensado del cuero (llamado escurrido), para retirar la humedad, estirar las partes arrugadas y mantener un espesor uniforme del mismo.

- **Rebajado**

Los cueros se raspan y se rebajan en las mismas máquinas. Este procedimiento le da al cuero un espesor uniforme y lo deja en la medida deseada. En esta etapa se generan cerros de viruta del rebajado que contienen el cromo del curtido. Esta viruta se utiliza para fabricar falsas o para recuperar el cromo. Si se hace esto, el cuero que queda sin cromo se usa en alimento para ganado procesándolo con otros productos o se descompone y se usa como fertilizante.

- **Neutralización**

Los cueros se sumergen en tambores para realizar las operaciones arriba citadas. Estas operaciones se llevan a cabo de manera consecutiva, cambiando solamente la composición de los baños después de descartar el baño anterior. El baño de neutralización se realiza con agua, formiato de calcio, carbonato o bicarbonato de calcio.

- **Recurtido**

El curtido al tanino produce un cuero más fácil de ser prensado. Por esta razón, muchas veces, el cuero curtido al cromo, denominado “wet blue”, recibe un segundo curtimiento, el cual puede ser al cromo o al tanino vegetal o sintético. Cuando este segundo curtido es realizado luego del primero, se llama “curtido combinado”, su practica sirve para reducir cromo en el efluente.

Estos procesos son realizados en la producción de vaquetas, dependiendo del tipo de producto final que uno desea obtener. El proceso es prácticamente el mismo del curtido. Algunas industrias hacen solamente el acabado del cuero, utilizando como materia prima el cuero curtido al cromo o “wet blue”, adquirido de otra curtiembre.

- **Blanqueado**

La operación de blanqueado sólo es realizada en algunos casos, utilizándose baño de bicarbonato de sodio y ácido sulfúrico, seguido

inmediatamente por un lavado con agua corriente tratando de quitar el ácido libre cuya presencia produce manchas y vuelve quebradizo al cuero.

- **Teñido**

El teñido se realiza luego de la neutralización en baño que contiene agua, colorantes (natural, artificial o sintético) y ácido fórmico. Este baño se desecha después de cada operación.

Los efluentes en esta etapa del proceso son mínimos en comparación al de pelambre y no justifica acción alguna de tratamiento. Los ácidos que contienen sirven para neutralizar el efluente general.

- **Engrase**

El engrase se realiza con el objeto de evitar el cuarteamiento del cuero, volviéndose suave, doblable, fuerte, flexible y resistente. Este proceso consiste en la impregnación al cuero con grasas o aceites animales. Estas sustancias se depositan en las fibras del cuero dónde son fijadas.

El engrase se lleva a cabo en los mismos tambores de las operaciones anteriores. Algunas curtiembres recuperan el sebo y las grasas naturales contenidos en las camazas de las pieles. Estos materiales pueden aprovecharse en el proceso de engrasamiento luego de una sulfonación. La piel verde contiene de 0,5 a 1,5 kilogramos de sebo.

- **Secado**

La operación de secado se realiza luego del teñido. Los procesos usados para realizar esta operación son secados al vacío, secado en secotérmicas, empastado o pasting, secado por templado en marcos (togging).

- **Lijado**

Las vaquetas de calidad inferior deben lijarse para corregir los defectos eventuales, pasando previamente por un humedecimiento y suavizado. Pueden recibir acabados, como diseños en relieve; tales acabados son realizados en las máquinas de estampado y pintado, mediante la aplicación de tinta y barnices.

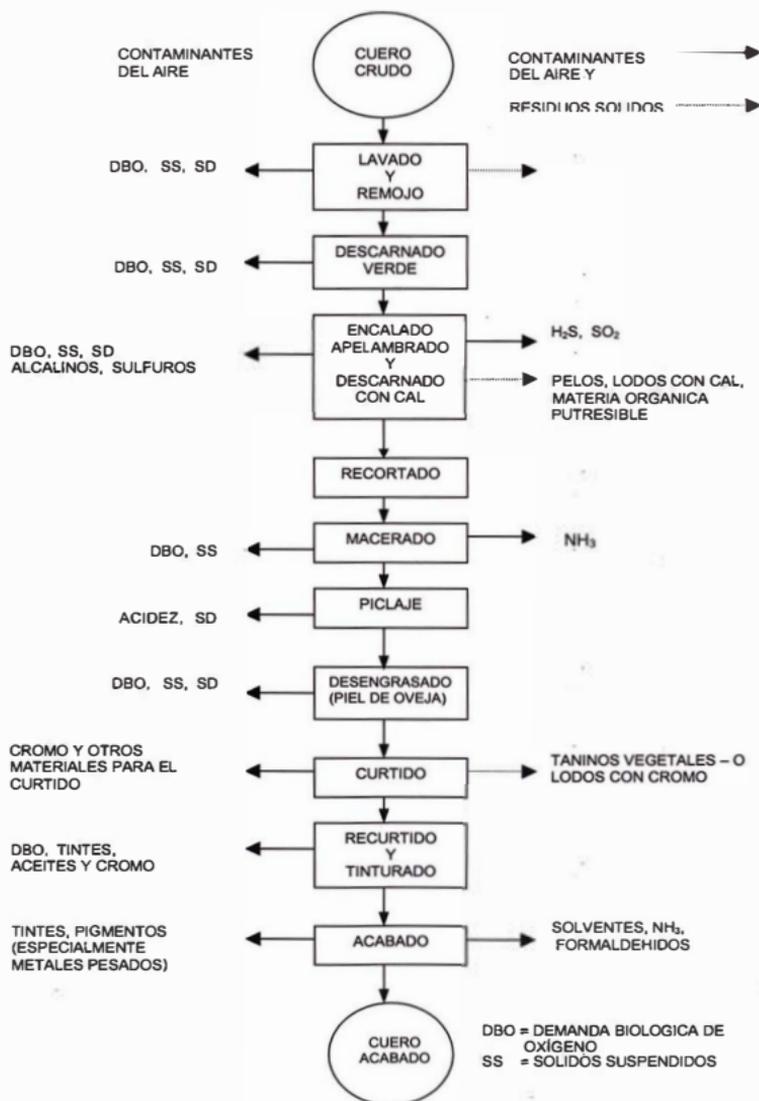
Aquí se genera polvo en cantidades, la habitación donde se encuentra esta máquina debe de estar bien aislada, tener extractores y el personal debería de usar mascararas. El polvo se desecha quemándolo y aún no se ha encontrado una solución practica para su eliminación.

- **Estiramiento**

Los cueros pueden ser sometidos a una etapa de estiramiento para recuperar algo del área perdida por su encogimiento durante los procesos en húmedo y esta técnica no sólo se utiliza para ganar área sino también para conferir un tacto parejo ya que por su constitución las faldas son suaves, el cogote duro y se quiere que todo el cuero obtenga la misma suavidad.

Es distinto el caso de las suelas. Primero se estira para eliminar las arrugas y pliegues, se aplica óleo luego y se plancha para aumentar su resistencia.

**Figura N° 4**  
**Esquema del proceso del curtido**



#### **b. Identificación de los Contaminantes del Agua**

La mayor cantidad (aproximadamente 65 por ciento) de los efluentes líquidos generados en curtiembres provienen de los procesos de ribera (reverdecimiento, caleado y depilación, descarnamiento y división). El resto proviene del curtido y lavado final.

Los efluentes líquidos generalmente presentan altos valores de pH, considerable contenido de cal y sulfatos libres, cromo, sulfuros, elevada demanda de oxígeno debido a la presencia de materia orgánica y grasas animales y gran cantidad de sólidos suspendidos.

#### **c. Límites Máximos Permisibles**

Existen límites máximos permisibles propuestos dependiendo del lugar donde se vierten; ya sea al alcantarillado o aguas superficiales, Se propone para plantas existentes y nuevas, como se detalla en las tablas N° 3.9 y 3.10, respectivamente:

**Tabla N° 3.9**  
**Límites Máximos Permisibles de Efluentes de la Industria de la**  
**Curtiembre que se descargan al Alcantarillado.**

Parámetros	Límites Máximo Permisibles Propuestos	
	Actividades Existentes	Actividades Nuevas
Temperatura, °C	35	35
Aceites y Grasas, mg/L	100	50
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	---	6 - 9
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO <sub>5</sub> ), mg/L	---	500
Demanda Química de Oxígeno(DQO), mg/L	---	1500
Sólidos Suspendidos Totales(SST), mg/L	---	500
Sulfuro, mg/L	---	3
Cromo (VI), mg/L	---	0.4
Cromo Total, mg/L	---	2
Coliformes Fecales, NMP/100mL	(*)	(*)
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> ), mg/L	---	30

(\*) Ver valores referenciales

Fuente. MITINCI, elaboración propia.

Se establecen límites máximos permisibles de carácter obligatorio para los parámetros temperatura y aceites y grasas para las actividades existentes que descargan al alcantarillado, así como los parámetros: temperatura, aceites y grasas, pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, sulfuro, cromo (VI), cromo total, nitrógeno amoniacal para las actividades nuevas.

### Valores Referenciales

Parámetros	Valores Referenciales
	Actividades Existentes
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.5 – 9.5 *
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO <sub>5</sub> ), mg/L	1000 *
Demanda Química de Oxígeno(DQO), mg/L	2500 *
Sólidos Suspendidos Totales(SST), mg/L	1000 *
Sulfuro, mg/L	10 *
Cromo (VI), mg/L	0,5 *
Cromo Total, mg/L	5 *
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> ), mg/L	50 *

Fuente. MITINCI, elaboración propia.

Se establecen Valores Referenciales para los parámetros pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Sulfuros, Cromo(VI), Cromo Total y N-NH<sub>4</sub>, para las actividades existentes que descargan al alcantarillado, debido a que no se cuenta con información suficiente ni confiable respecto a las características de los vertimientos de las plantas existentes, ya que el subsector es sumamente complejo y heterogéneo (con un alto porcentaje de PYMES), lo cual dificulta el establecimiento de límites máximos permisibles de carácter obligatorio basados en estándares internacionales, por lo cual es necesario contar con información de

línea base más completa y llevar a cabo evaluaciones cuantitativas por fases del proceso.

Para estos parámetros se realizará el monitoreo por un periodo de 2 años con una frecuencia semestral, en el cual se efectuará las pruebas y mediciones correspondientes que permitan determinar si es factible alcanzar estos valores con las medidas de prevención y mitigación a implementar. Luego de este periodo, los valores referenciales deben revisarse como resultado de la data obtenida a fin de establecer los respectivos límites máximos permisibles, por lo tanto dichos valores permanecerán vigentes hasta la aprobación de los límites máximos permisibles.

Más del 70% de las industrias tienen descargas al Alcantarillado.

**Tabla N° 3.10****Límites Máximos Permisibles de Efluentes de la Industria de la Curtiembre que se descarga a las Aguas Superficiales.**

<b>Parámetros</b>	<b>Límites Máximos Permisibles</b>	
	<b>Actividades Existentes</b>	<b>Actividades Nuevas</b>
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	5.0 – 8.5	5.0 – 8.5
Temperatura, °C	35	35
Aceites y Grasas, mg/L	25	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO <sub>5</sub> ), mg/L	50	30
Demanda Química de Oxígeno(DQO), mg/L	250	50
Sólidos Suspendidos Totales(SST), mg/L	50	30
Sulfuro, mg/L	1	0.5
Cromo + 6, mg/L	0.3	0.2
Cromo Total, mg/L	2.5	0.5
Coliformes Fecales, NMP/100ml	4000	1000
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> ), mg/L	20	10

Se establecen límites máximos permisibles de carácter obligatorio para los parámetros temperatura, aceites y grasas, pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, sulfuro, cromo(VI), cromo total, coliformes totales y nitrógeno amoniacal, tanto para actividades existentes como para actividades nuevas que descargan a aguas superficiales.

Los procesos de pelambre y cromado constituyen las dos áreas de mayor contaminación por sus altos contenidos de DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales y cromo en solución.

Las concentraciones de los efluentes líquidos de las curtiembres, muestran concentraciones promedios muy por encima de los límites máximos permisibles propuestos, excepto el pH, temperatura y Cromo+6 por lo que se necesitará un tratamiento secundario biológico para alcanzar dichos límites máximos permisibles. Cabe destacar que las diferencias en las concentraciones halladas están relacionadas con el volumen de producción de las empresas y con los procesos desarrollados en el momento de la toma de muestra.

### **3.3.4 Límites Máximos Permisibles de los Contaminantes en los Efluentes Líquidos para la Industria del Papel**

#### **a. Proceso de Producción**

Las principales etapas o procesos industriales involucrados en la producción de pulpa y fabricación de papel, tal como se muestra en la Figura N° 5 son las siguientes:

#### **1.- Preparación de la Materia Prima Fibrosa**

Preparación de las fibras para hacer pulpa consistente en troncos y astillas de madera, así como también otros tipos de materiales como pelusa de algodón, bagazo, bambú y fibras sintéticas.

#### **2.- Manufactura de la Pulpa**

El objetivo de esta etapa es reducir las materias primas a pulpa por medios mecánicos o químicos. En este proceso se mezcla una serie de materiales fibrosos para producir una pasta. La descripción del proceso en este documento tiene un carácter genérico, contemplando el proceso tradicional que es más amplio, con el fin de ilustrar el proceso en su totalidad en caso de que un posible proponente de proyecto llegase igualmente a contemplar dicho proceso tradicional. Se han considerado además, los procesos más comunes utilizados en el Perú, con fines de comparación.

La selección de la técnica de pulpeo depende del tipo de materiales disponibles que van a ser usados y de las cualidades en los productos finales. Los enlaces entre las fibras de la materia fibrosa se pueden romper químicamente, mecánicamente o mediante una combinación de esta técnica. En las siguientes secciones se describen tres procesos de pulpeo:

- a. pulpeo químico
- b. pulpeo semi - químico
- c. pulpeo secundario de fibra.

#### **a. Pulpeo Químico**

Las pulpas producidas mediante el proceso de pulpeo químico son típicamente utilizados en la fabricación de productos de papel de alta calidad o que requieren propiedades especiales, tales como papel de imprenta, de envolver y de embalajes, papel de pergamino, de escritura y papel impermeable para envolver alimentos. En el pulpeo químico se cocinan/digieren las astillas de madera o el bagazo de caña de azúcar en soluciones químicas acuosas a elevadas temperaturas y presiones para descomponer los materiales aglutinables no celulósicos de la fibra, tales como ligninas, ceras, extractivos y resinas.

#### **Pulpa alcalina Kraft o Sulfato**

Debido a que los químicos para el cocimiento por el método Kraft son más selectivos en cuanto a su ataque a los constituyentes de la madera, las pulpas así producidas son notablemente más fuertes que las producidas mediante otros procesos químicos (Kraft en alemán significa "fuerza"). Por lo anterior, el proceso Kraft puede ser aplicado a maderas duras o suaves y puede tolerar los contaminantes frecuentemente encontrados en la madera (por ejemplo, resinas). La remoción de lignina es alta en el proceso Kraft, hasta en un 90-95%, permitiendo altos niveles de blanqueo sin degradación severa de la pulpa por deslignificación. Los químicos usados en el pulpeo Kraft se recobran inmediatamente dentro del mismo proceso, siendo muy económico y reduciendo posibles descargas dañinas al ambiente.

El proceso Kraft utiliza una solución alcalina de pulpeo con base en sodio (conocida como licor), que consiste de una solución de sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), sulfato y carbonato. Este licor (licor blanco) se mezcla con las astillas de madera en un reactor (digestor). Los productos resultantes son fibras de madera separadas (pulpa) y un líquido que contiene los sólidos disueltos de la lignina en una solución de químicos de pulpeo reaccionados y sin reaccionar (licor negro). Este licor oscuro pasa por un proceso químico de recuperación para generarlo y convertirlo en licor blanco para el proceso inicial de pulpeo. En general el proceso Kraft convierte aproximadamente el 50% del peso de la madera en pulpa.

#### **Sistema de Recuperación de Químicos Utilizados en la Producción de Pulpa Química**

El sistema de recuperación de químicos es una parte compleja en una planta de producción de pulpa química y fabricación de papel. La recuperación de los químicos es un componente crucial del proceso de pulpeo químico, ya que aquí se recuperan los químicos utilizados en el proceso de cocimiento para ser usados nuevamente. La recuperación también es importante para aprovechar la materia orgánica removida de la madera (cerca del 50%) como fuente energética para el proceso.

El sistema Kraft y también su recuperación de químicos no ha cambiado fundamentalmente desde que se patentó hace más de un siglo, aunque ha sido refinado progresivamente en cuanto a las reacciones químicas, eficiencia operativa y al diseño y tamaño de los equipos.

El proceso de recuperación de químicos utilizado en la producción de pulpa Kraft consiste de los siguientes pasos generales: concentración del licor oscuro, marmita de recuperación, recaustificación y calcinación.

### **Concentración del licor oscuro**

El licor oscuro debilitado resultante del proceso de pulpeo y del lavado de la pulpa se concentra por evaporación para formar "licor oscuro fuerte". Después del lavado de la pulpa durante el proceso de pulpeo, la concentración de sólidos en el licor oscuro debilitado oscila entre 14 y 16%. Después de la concentración en los evaporadores, el licor fuerte tiene entre 55 y 70% de sólidos y está listo para ser quemado en la marmita de recuperación. En algunas instalaciones, el licor pasa por un proceso de oxidación para la reducción de olores. El paso de oxidación es necesario para reducir el olor creado cuando el sulfuro de hidrógeno y otros gases con mal olor se separan del licor durante el subsiguiente proceso de recuperación en una marmita. Los tipos más comunes de evaporación incluyen los de efecto múltiple, los de película descendente, así como una variedad de evaporadores suplementarios.

### **Marmita o caldera de recuperación**

El licor oscuro concentrado procedente de los evaporadores se quema en una marmita de recuperación. En este paso crucial en todo el proceso Kraft para recuperación de químicos, los sólidos orgánicos se queman para obtener energía y los químicos del proceso se remueven de la mezcla en estado fundido. Estos químicos inorgánicos fluyen a través de perforaciones en la parte inferior de la marmita hacia unos chorros enfriados por agua y tanques de disolución para su recuperación en el paso de recaustificación. La energía generada en la marmita de recuperación a menudo no es suficiente para todas las necesidades de la planta; por consiguiente, las plantas tienen que complementar la energía con calderas de combustible fósil o de desechos de madera para generación de vapor y a menudo de electricidad.

### **Recaustificación**

El material fundido es recaustificado para eliminar impurezas generadas por la combustión en la marmita y para convertir el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) en hidróxido de sodio activo ( $\text{NaOH}$ ). El licor también contiene el

sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), que es un álcali activo de cocción. El procedimiento de recaustificación comienza con la mezcla del fundido con licor "débil" para formar licor verde, llamado así por su color característico. Los contaminantes sólidos, o escoria, se eliminan del licor verde. Después el licor verde se mezcla con cal apagada o hidratada (hidróxido de calcio). Luego de este paso de mezclado, el producto ahora se llama licor blanco debido a su nueva coloración y se procesa para eliminar una capa de sedimento de cal que ha precipitado ( $\text{CaCO}_3$ ). Los principales químicos recuperados son soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) y sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). El licor blanco es usado luego en el proceso de cocimiento de pulpa. El sedimento de cal se trata para su recuperación durante el proceso de calcinación.

### **Calcinación**

En el proceso de calcinación el sedimento de cal eliminado del licor blanco (carbonato de calcio) se quema en un horno de cal para regenerar la cal virgen ( $\text{CaO}$ ), la cual es posteriormente apagada con agua para generar  $\text{Ca(OH)}_2$  y ser usada en la etapa de recaustificación, reiniciando el ciclo. La gran mayoría de las plantas usan hornos de cal para este proceso, aunque se pueden usar sistemas más nuevos con lechos fluidizados.

### **Pulpeo químico del bagazo de caña de azúcar**

El bagazo de caña consiste en una importante materia prima fibrosa para la producción de pulpa en el Perú. El bagazo tiene características distintas de la madera por ser un material mucho más sencillo para impregnación, cocción y separación de las fibras. Por otro lado, necesita una preparación compleja, para la remoción de células no fibrosas (médula) que contenían el jugo de la caña utilizado en la producción de azúcar y de alcohol. Esa preparación requiere de instalaciones para la remoción de la médula en seco o en húmedo. Parte importante del peso de bagazo (entre 35 y 40%) se remueve como médula, siendo aquí el peligro de contaminación ambiental muy grande. El efluente de esta etapa tiene mucha materia orgánica disuelta y partículas en suspensión. La médula tiene

un importante potencial para la generación de energía, pudiendo ser utilizada como combustible.

El bagazo desmedulado se deslignifica de forma sencilla a través de un proceso químico soda, generando una pulpa que se blanquea también muy fácilmente. Desafortunadamente, las resistencias de las fibras del bagazo no son tan fuertes como las de las fibras de madera. Por tal motivo, el bagazo blanqueado es usado en la fabricación de papel en mezclas con pulpas de mercado, como las de pinos o de eucaliptos.

La cocción soda es muy parecida al proceso kraft, con la diferencia de que el licor blanco no posee en su composición el azufre. Como resultado, la pulpa tiene menor consistencia, pero el proceso prácticamente no tiene olor.

Las grandes ventajas del uso de bagazo son: a) es un producto residual de otra industria, por eso es una ventaja desde el punto de vista ambiental; b) utiliza un proceso químico que permite la recuperación de los químicos y de la energía de la materia orgánica removida; c) produce pulpa de buena calidad; y d) el proceso soda es muy parecido al proceso Kraft y muchos de los ahorros desarrollados para el proceso Kraft pueden ser aprovechados en el proceso soda.

#### **b. Pulpeo Semi - Químico**

La pulpa semi - química generalmente se produce utilizando maderas para elaborar una pulpa con contenido aún elevado de lignina. Por lo anterior, este proceso es comúnmente utilizado en la fabricación de cartón y papel de embalajes. El pulpeo semi - químico involucra la digestión parcial de la madera en una solución débil, seguida de un proceso mecánico de refinación para separar las fibras. El paso de digestión en el proceso de pulpeo semi - químico consiste en el calentamiento de la madera en sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), soda ( $\text{NaOH}$ ), licor Kraft débil o carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). La producción mediante pulpeo semi - químico convierte entre 55% y 70% de la pasta a pulpa, dependiendo del proceso

que se use. Debido a que el contenido residual de lignina es alto, el proceso de blanqueo es difícil.

### **c. Pulpeo Secundario de Fibra**

Las fábricas que llevan a cabo pulpeo secundario de fibras dependen de papel recuperado para preparar la pasta. Las fibras secundarias generalmente se clasifican con anterioridad a ser vendidas a la fábrica de pulpa y papel. Este proceso de recolección, selección y preparación de los papeles antes de la venta es de fundamental importancia para el productor de papel con base en fibras secundarias. Si no se hace así, el proceso de separación de las fibras en la fábrica de papel es mucho más difícil y las pérdidas de material y contaminación son grandes.

Los contaminantes más corrientes consisten en adhesivos, recubrimientos, espuma de poliestireno, trozos de plástico denso, película de polietileno, resinas protectoras del agua, alambres, grapas, clips, cargas minerales del papel (caolín, carbonato de calcio) y fibras sintéticas. En algunos casos, los contaminantes de mayor densidad de la que se desea tener en la fibra secundaria se eliminan mediante fuerza centrífuga, a la vez que los de menos peso se eliminan mediante sistemas de flotación. También se usan limpiadores centrífugos para remover materiales menos densos que las fibras (partículas de cera y de plástico). Las tintas, que son otro de los contaminantes importantes en la fibra secundaria, se pueden remover mediante calentamiento de una mezcla de fibras secundarias con algún surfactante. El uso de flotación para esa operación es común. Las tintas eliminadas se dispersan luego en un medio acuoso para evitar que se depositen de nuevo en las fibras. Dependiendo del tipo de tintas, el residuo de tintas puede contener cantidades importantes de metales pesados (zinc, plomo, cromo, titanio, etc.) También se ha empleado la extracción continua con solventes para recuperar las fibras de aquellos papeles y cartones que vienen impregnados con plásticos y/o ceras.

El pulpeo secundario de fibras es un proceso relativamente fácil. El diseño más corriente del reactor de pulpeo (conocido también como "pulper" por su nombre en inglés) consiste de un recipiente grande que se llena con agua y pulpa reciclada. A menudo se agregan productos químicos de pulpeo (como hidróxido de sodio, NaOH) para ayudar a la disolución del papel o de la matriz del cartón. La fuente de fibra (envases corrugados, desechos de la fábrica de cartón, recortes de papel, diarios, etc.) se vierte dentro del reactor de pulpeo y son mezclados con agua por el rotor de la máquina. La basura e impurezas se eliminan mediante dos mecanismos: el "ragger" y el "junker" (conocidos por sus nombres en inglés). El ragger (o trampa de trapos) retira trozos de cuerda, alambres y trapos de la mezcla de fibra secundaria. El ragger típico consiste de unos cuantos "alambres" que giran dentro de la pasta de fibras. La basura se acumula en los alambres, formando eventualmente una especie de "cuerda de desechos" que se retira luego. Los desechos más pesados son eliminados de la mezcla mediante fuerza centrífuga, los cuales luego caen dentro de un recipiente tangencial al tanque del reactor de pulpeo. El junker consiste de una cuchara con forma de cubo elevador. El calor, la disolución de los enlaces químicos, las fuerzas cortantes creadas por la agitación y el mezclado, así como la acción mecánica del equipo, sirven para individualizar las fibras y producir una pulpa de la consistencia deseada en varias máquinas de pulpeo.

Los procesos de eliminación de contaminantes dependen del tipo y la fuente de fibras secundarias que se van a pulpear. El desecho de las propias fábricas de papel se pueden procesar con un mínimo costo de eliminación de contaminantes. El reciclado de periódicos usados, por otro lado, podría necesitar un proceso de limpieza más completo, incluyendo la eliminación de tintas, antes de volver a usarlo. En general, la calidad de la fibra secundaria afecta mucho la calidad de los productos de papel.

### **3.- Procesamiento de la Pulpa**

Después de producir la pulpa, se eliminan las impurezas, tales como astillas que no se cocinaron, y se recicla cualquier licor residual recolectado a través del proceso de lavado. Las pulpas se procesan en una variedad de formas, dependiendo del método que las generó (es decir, químico, semi - químico, mecánico). Algunos pasos en el proceso de la pulpa, donde se eliminan impurezas, incluyen tamizado, desfibrado y eliminación de nudos. También la pulpa se puede espesar eliminando parte del agua. Con un costo adicional, la pulpa se puede mezclar para asegurar la uniformidad del producto. Si se va a almacenar durante períodos largos de tiempo o se va a comercializar la pulpa, se necesitan tomar algunos pasos de secado para evitar el crecimiento de hongos y bacterias.

Con el condensado contaminado de la evaporación y con agua fresca se lava la pulpa cruda que es producida por el digestor, procurando remover el licor oscuro residual de la cocción. Es crítico que se haga un lavado eficiente para maximizar el retorno de licor de cocimiento (conocido como pérdida por lavado de licor oscuro) hacia la recuperación de químicos y así disminuir la posibilidad de que éste sea llevado hasta la planta de blanqueo, ya que un exceso de licor de cocinado aumenta el consumo de químicos blanqueadores. Específicamente, los compuestos orgánicos disueltos (ligninas y hemicelulosas) contenidas en el licor se unirán a los químicos de blanqueo, aumentando así el consumo de los mismos y aumentando la generación de compuestos tóxicos dañinos al medio ambiente. Estos compuestos orgánicos clorados, conocidos como AOX, son peligrosos por su potencial toxicológico (por ejemplo, dioxinas, furanos). La tecnología de lavado más común es el lavado rotatorio en vacío, realizado secuencialmente de dos hasta cuatro unidades de lavado. Otras tecnologías incluyen lavado por difusión, lavado rotatorio a presión, filtros horizontales de banda, prensas de lavado y lavado por dilución/extracción.

El tamizado de la pulpa elimina partículas remanentes de tamaño más grande, tales como fragmentos de corteza, astillas grandes y astillas no cocinadas. En cámaras abiertas de tamizado, el agua de desecho proveniente del proceso de tamizado se conduce hacia el tratamiento de aguas de desecho antes de ser eliminadas o utilizadas en otro proceso. En cámaras de tamizado de circuito cerrado, el agua de desecho del proceso se vuelve a usar en otras operaciones de pulpeo y al final ingresa al sistema de recuperación de la planta. La limpieza por hidrociclón o hidro-limpieza se usa después del tamizado para eliminar contaminantes relativamente densos como arena, grupos de fibras no totalmente cocinadas y barro. El rechazo del proceso de tamizado es pulpeado de nuevo o eliminado como desecho sólido.

#### **4.- Blanqueo**

El blanqueo se define como un proceso mediante el cual se altera la pulpa químicamente para aumentar su blancura. Las pulpas blanqueadas producen papeles que son más blancos, más brillantes, más suaves y más absorbentes que los de pulpa sin blanquear. Las pulpas blanqueadas son usadas para productos donde se requiere una alta pureza y donde no se desea que el papel se torne amarillo, fenómeno conocido como reversión del color (por ejemplo, el que sucede con papeles de diarios o de empaque). La pulpa no blanqueada es usada generalmente para producir cartón para cajas, papel grueso para forros y bolsas para viveres, cemento, etc. Se puede blanquear cualquier tipo de pulpa, aunque los tipos de pasta y los procesos de pulpeo usados, así como las cualidades deseadas y el uso final del producto, afectan grandemente el tipo y grado de blanqueo de la pulpa. El contenido de lignina en una pulpa es el determinante mayor de su potencial de blanqueo. Las pulpas con un alto contenido de lignina (por ejemplo, pulpas mecánicas o semi-químicas) son difíciles de blanquear totalmente y requieren grandes cantidades de químicos. El blanqueo excesivo de las pulpas mecánicas y semi-químicas resulta en una pérdida de pulpa debido a la destrucción de fibras por degradación química. Las

pulpas químicas pueden ser blanqueadas en un mayor grado debido a su bajo contenido de lignina (1.5 a 5%). A continuación se describen los procesos típicos de blanqueo para cada tipo de pulpa.

- **Blanqueado de Pulpas Químicas**

Las pulpas químicas son blanqueadas en plantas de blanqueo tradicionales, donde la pulpa se procesa a través de tres a cinco etapas de blanqueo químico y lavado con agua. La cantidad de ciclos depende de la blancura que se desea, de la blancura de la pulpa inicial y del diseño de la planta. Las etapas de blanqueo generalmente alternan entre condiciones ácidas y alcalinas. Las reacciones químicas con lignina durante la etapa ácida del proceso de blanqueo aumentan la blancura de la pulpa. Las etapas de extracción alcalina disuelven los productos de la reacción lignina/ácido. En la etapa de lavado se eliminan tanto las soluciones como los productos de la reacción. Los químicos usados para el proceso de blanqueo, para que sean eficientes, deben tener una alta reactividad y ser selectivos a la lignina. Típicamente se pierde entre 4% y 8% de la pulpa por causa de las reacciones del agente blanqueador con los constituyentes de celulosa y hemicelulosa de la madera, aunque estas pérdidas a veces alcanzan a ser de más de 10%. Durante el lavado de la pulpa, después de cada etapa de blanqueo, se pierden también fibras por las mallas de los lavadores. Los químicos corrientemente usados en el proceso de blanqueo son oxígeno, hidróxido de sodio, cloro elemental, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio y dióxido de cloro. El uso de este último compuesto en el proceso de blanqueo reduce la formación de orgánicos clorados en el efluente de la planta de blanqueo, y disminuye el consumo de químicos en la misma. La blancura desarrollada por el uso de dióxido de cloro, en general es muy buena, y la pulpa mantiene buena calidad, resistencia y limpieza. El uso de oxígeno se puede considerar como uno de los grandes avances ambientales, por reducir la contaminación de los efluentes, aumentar la recuperación interna de materia orgánica y disminuir la cantidad de compuestos blanqueadores necesarios para el alcance de la blancura en la pulpa.

- **Blanqueado de Pulpas Semi - Químicas**

Las pulpas semi - químicas normalmente se blanquean con peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) en una o más torres de blanqueo.

### **5.- Producción de Papel/Cartón**

En esta etapa final la pulpa se procesa para obtener el material que se usa en la fabricación del papel. La pulpa para el mercado, que se envía fuera para venta a las fábricas de papel o de cartón, raramente se procesa en esta etapa en la planta productora.

El proceso incluye mezclas específicas de pulpas para determinado tipo de papel, dispersión en agua, agitado y refinado; adición de químicos para agregar densidad y resistencia y el agregado de cualquier aditivo húmedo necesario. Los aditivos húmedos se usan para crear productos de papel con propiedades especiales o para facilitar el proceso de fabricación del papel. Aditivos de este tipo incluyen resinas y ceras para repeler el agua, rellenos tales como arcillas, silicatos, talco, colorantes inorgánicos / orgánicos para coloración, así como ciertos químicos inorgánicos (carbonato de calcio y dióxido de titanio) para mejorar la textura, las cualidades de impresión, la opacidad, brillo y blancura.

El proceso de producción de papel y cartón consiste en operaciones finales que pueden ser húmedas o secas. Durante las operaciones húmedas la hoja de papel se forma a partir de pulpa húmeda. En las operaciones secas, los productos de papel se secan y se tratan con recubrimientos superficiales y se embobinan para su almacenaje, conversión y ventas. A continuación se presenta una breve descripción de las operaciones finales húmedas y secas en la producción de papel y cartón.

- **Operaciones Finales Húmedas**

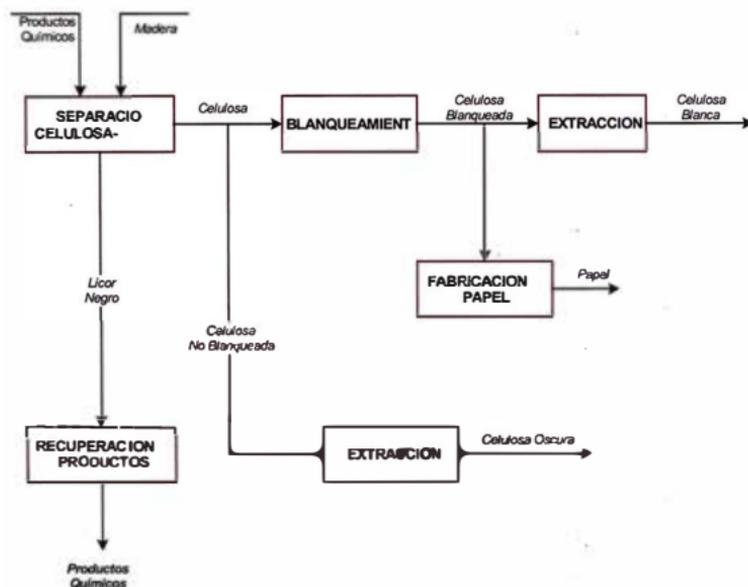
La pulpa procesada se convierte en producto de papel mediante una máquina de producción de papel, siendo la más común de todas la máquina

Fourdrinier. En el sistema Fourdrinier la pasta de pulpa se deposita en una malla móvil que la conduce a través de las primeras etapas del proceso. El agua se elimina por gravedad, mediante cámaras al vacío y rodillos al vacío. El agua de desecho, o agua blanca, es reciclada en un paso de decantación o de flotación dentro del proceso, debido a su alto contenido de fibras. La hoja continua luego se prensa en una serie de rodillos para eliminar más agua y comprimir las fibras.

- **Operaciones Finales Secas**

Una vez prensadas las hojas de papel entran a una sección de secado, donde las fibras de papel comienzan a unirse con más fuerza conforme los rodillos calientes transmiten calor a las hojas. En el proceso de calandrado, la hoja se prensa entre dos rodillos pesados para reducir el espesor y producir una superficie suave. En este punto o adelante se le puede aplicar al papel recubrimientos para mejorar la textura, el color, detalles para impresión y el brillo. En la máquina se aplican recubrimientos leves, mientras que aquellos más pesados se realizan fuera de la máquina. El producto de papel es luego embobinado para su almacenamiento.

**Figura N° 5**  
**Diagrama de Flujo General de una Fábrica de Papel y Celulosa**



Fuente: Consultora SGS del Perú

### **b. Identificación de Efluentes Contaminantes**

La contaminación ambiental producida por el desarrollo de la actividad industrial en nuestro país es bastante compleja. Existe una variedad de residuos industriales provenientes de las operaciones unitarias de los procesos manufactureros y de otras actividades industriales. Cada uno tiene características propias que afectan al medio ambiente de forma diferente, por consiguiente la calidad de los residuos son específicos para cada industria.

## **Manufactura de Pulpa**

### **Contaminación del agua**

Las aguas residuales de las plantas de pulpa pueden incluir, dependiendo de las materias primas y de los procesos particulares empleados, los siguientes elementos: corteza, médula de bagazo, lodos del tratamiento de aguas de desecho, lodos de arcilla, partículas gruesas de arcilla y de arena, escoria de licor verde, cenizas de calderas y quemadores, lodos de los filtros y residuos del proceso de preparación de la madera (aserrín, trozos partidos, astillas con sobretamaño, etc.)

Por otro lado, los condensados de los digestores y de los evaporadores de recuperación química son una fuente de bajo volumen en el efluente, aunque contienen altos niveles de  $\text{DBO}_5$  y  $\text{DQO}$ . Algunos de estos condensados contienen compuestos de azufre reducido. Es importante evaluar cuales de estos condensados se pueden reciclar en el proceso, ya sea para el lavado de pulpa, dilución de consistencias u otros.

El efluente residual del pulpeo químico puede contener 12-20kg  $\text{DBO}_5$  por tonelada de pulpa secada al aire (ADP), con valores de hasta 350 kg/t. Los valores correspondientes de pulpeo mecánico son 15-25 kg  $\text{DBO}_5$ /t de ADP. Para pulpeo semi-químico, que en general no tienen procesos de recuperación de licores, las descargas de  $\text{DBO}_5$  son de tres a diez veces mayores que las descargas para pulpeo mecánico. Las cargas contaminantes de procesos que usan materias primas diferentes a la madera pueden ser significativamente diferentes.

También se vierte fósforo y nitrógeno en las aguas residuales. La principal fuente de nutrientes y compuestos de fósforo y nitrógeno, es la materia prima, como la madera.

Las principales fuentes de contaminación en el efluente del proceso de producción de pulpa se presentan en la Tabla N° 3.11

**Tabla N° 3.11**  
**Contaminantes más Comunes en Aguas Residuales**  
**del Proceso de Producción de Pulpa**

<b>Fuente</b>	<b>Características del Efluente</b>
Agua usada en manejo / descortezado de madera y lavado de astillas.	Sólidos, DBO <sub>5</sub> , DQO, color
Digestor de astillas y condensados del evaporador de licor.	DBO <sub>5</sub> concentrado (puede contener azufre reducido), DQO, color
Caustificación y horno de cal	Alcalinidad, sólidos
Blanqueo de la pulpa	Color, DBO <sub>5</sub> , DQO, fibras y AOX
Derrames de fibra y de licor.	Sólidos, DBO <sub>5</sub> , DQO, color.

Fuente: Estudio realizado por Consultores Externos

### **Procesamiento de la Pulpa**

Las operaciones de tamizado y limpieza durante la etapa de procesamiento de pulpa generalmente son fuentes de grandes volúmenes de aguas de desecho. Este efluente puede contener una importante cantidad de materia orgánica (medida como demanda bioquímica de oxígeno, DBO<sub>5</sub>, o por demanda química de oxígeno, DQO) si la eficiencia de lavado es baja, y es siempre una fuente de sólidos suspendidos como fibras. Efluentes similares, con alto contenido de fibras, como las aguas blancas, se producen también durante el proceso de fabricación de papel.

El efluente del tamizado puede contener fragmentos de corteza, astillas grandes, fibras y astillas no cocinadas. La limpieza por hidrociclón o hidro-limpieza produce efluentes con contaminantes relativamente densos como arena y barro. El proceso de tamizado también genera rechazos que constituyen desechos sólidos.

### **Blanqueo**

Debido a la tendencia de los compuestos orgánicos clorados (AOX) de separarse junto a los lodos del efluente, el lodo del tratamiento de aguas residuales ha generado la mayor preocupación ambiental en la industria de pulpa y papel en Europa y en los EUA. Un estudio de 1988 en los Estados Unidos muestra que dioxinas y furanos estaban presentes en lodos de plantas de pulpa blanqueada. En los casos en los que no existe un sistema de tratamiento de efluentes, los compuestos orgánicos clorados son vertidos directamente a los sistemas de alcantarillado o al cuerpo de agua receptor, creando una situación de alto riesgo a la salud pública.

Por otro lado, también ha habido preocupación con relación a la separación de los compuestos orgánicos clorados de los productos de pulpa y papel, una gran porción de los cuales llegan a convertirse en residuos peligrosos para el consumidor.

Por último, procesos más antiguos para la generación de gas cloro involucran un uso significativo de mercurio o de asbestos, los cuales también pueden generar impactos ambientales significativos.

### **Producción de Papel / Cartón**

Entre los aspectos ambientales típicos tenemos:

Efluentes líquidos de agua blanca (alto DBO<sub>5</sub>, DQO, cargas minerales y fibras) en plantas que usan sistemas abiertos.

Lodos del tratamiento de aguas en pozas de decantación.

Materiales de empaque usados.

Pérdidas de recortes y de papel no clasificado por problemas de calidad.

### c. Límites Máximos Permisibles

Existen límites máximos permisibles propuestos dependiendo del lugar donde se vierten; ya sea al alcantarillado (Tabla N° 3.12) o aguas superficiales (Tabla N° 3.13). Asimismo, se está regulando además de todos los parámetros establecidos en las normas nacionales los parámetros de DQO y SST.

**Tabla N° 3.12**

**Límites Máximos Permisibles para efluentes que se descargan al Alcantarillado**

<b>Parámetro</b>	<b>Actividades Nuevas</b>	<b>Actividades Existentes</b>
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0
Temperatura (°C)	35	35
Aceites y Grasas, mg/L	50	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), mg/L	500	-----
Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/L	1000	-----
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/L	500	1000

Fuente: MITINCI, elaboración propia

Se establecen límites máximos permisibles de carácter obligatorio para los parámetros pH, temperatura, aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST para actividades existentes que descargan al alcantarillado, así como para los parámetros: pH, temperatura, aceites y grasas y SST para las actividades existentes.

#### Valores Referenciales

Parámetro	Valores referenciales
	Actividades existentes
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), mg/L	1000
Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/L	3000

Fuente: MITINCI, elaboración propia

Se establecen Valores Referenciales para alcantarillado de los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO para las actividades existentes, debido a que no se cuenta con información suficiente ni confiable respecto a las características de los vertimientos de las plantas existentes, ya que los procesos del sub sector son sumamente diversos, lo cual dificulta el establecimiento de límites máximos permisibles de carácter obligatorio, basado en estándares internacionales. Es por ello, que para estos parámetros se realizará el monitoreo por un periodo de 2 años con una frecuencia semestral, en el cual se efectuará las pruebas y mediciones correspondientes que permitan determinar si es factible alcanzar estos valores con las medidas de prevención y mitigación a implementar. Luego de este periodo, los Valores Referenciales deben revisarse como resultado de la data obtenida a fin de establecer los respectivos límites máximos permisibles, por tanto dichos valores permanecerán vigentes hasta la aprobación de los límites máximos permisibles.

**Tabla N° 3.13**  
**Límites Máximos Permisibles para efluentes que se**  
**Descargan a las Aguas Superficiales**

<b>Parámetro</b>	<b>Actividades nuevas</b>	<b>Actividades existentes</b>
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6 - 9	6.0 - 9.0
Temperatura (°C)	35	35
Aceites y Grasas, mg/L	10	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), mg/L	30	-----
Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/L	50	-----
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/L	30	100

FUENTE: MITINCI, elaboración propia

Se establecen límites máximos permisibles de carácter obligatorio para los parámetros pH, temperatura, aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST para actividades existentes que descargan a aguas superficiales, así como para los parámetros: pH, temperatura, aceites y grasas y SST para las actividades existentes.

#### **Actividades Existentes**

Los límites máximos permisibles para los parámetros indicados en el cuadro anterior, son de carácter obligatorio, excepto DBO<sub>5</sub> y DQO.

#### **Actividades Nuevas**

Los límites máximos permisibles son de carácter obligatorio para todos los parámetros indicados en el cuadro anterior.

### Valores Referenciales

Parámetro	Valores Referenciales
	Actividades Existentes
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), mg/L	250
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg/L	1000

FUENTE: MITINCI, elaboración propia

Se establecen Valores Referenciales para aguas superficiales de los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO para las actividades existentes, debido a que no se cuenta con información suficiente ni confiable respecto a las características de los vertimientos de las plantas existentes, ya que los procesos del sub sector son sumamente diversos, lo cual dificulta el establecimiento de límites máximos permisibles de carácter obligatorio, basado en estándares internacionales. Es por ello, que para estos parámetros se realizará el monitoreo por un periodo de 2 años con una frecuencia semestral, en el cual se efectuará las pruebas y mediciones correspondientes que permitan determinar si es factible alcanzar estos valores con las medidas de prevención y mitigación a implementar. Luego de este periodo, los Valores Referenciales deben revisarse como resultado de la data obtenida a fin de establecer los respectivos límites máximos permisibles, por tanto dichos valores permanecerán vigentes hasta la aprobación de los límites máximos permisibles.

### **3.4 Límites Máximos Permisibles de los contaminantes en los efluentes líquidos para la Industria Pesquera**

#### **Elaboración de harina y aceite de pescado**

A continuación se detallan los procesos para la elaboración de la harina y aceite de pescado, tal como se muestra en la Figura N° 6:

#### **1.- Pozos de Recepción y Almacenamiento**

El proceso productivo se inicia una vez que las Plantas han recepcionado la pesca, la cual ha sido transportada desde la chata (ubicada a 200 m. en el mar), del Puerto (Flota) a través de manguerones hacia la tolva de los pozos de recepción, con la información correspondiente de especie y cantidad por parte de Flota. En la Planta, el Laboratorio de Control de Calidad se encarga de realizar un primer análisis a la materia prima, para determinar la condición de ésta, y posteriormente verifica la calidad y parámetros operacionales del proceso, hasta la obtención de la harina. La pesca recibida, principalmente jurel, es analizada para medir su grado de frescura, a través de la determinación del TVN (Nitrógeno Total Volátil). Este índice cuantifica las bases nitrogenadas producidas durante el proceso de deterioro del pescado, y por consiguiente discrimina calidades de producto final. Posteriormente, la pesca es distribuida en los pozos de almacenamiento para ser procesada prioritariamente de acuerdo a su calidad.

#### **2.- Cocción**

Una vez clasificada la pesca, se inicia la primera etapa del Proceso, en la cual el pescado ingresa entero y es sometido a un proceso térmico con vapor (indirecto) a una temperatura generalmente sobre los 95°C, por un tiempo entre 15 a 20 minutos. Al someter la materia prima a este calor, se detiene la actividad microbiológica y enzimática responsable de la degradación. También se coagulan las proteínas en fase sólida, permitiendo la separación del aceite y los residuos viscosos líquidos. En esta fase se efectúan controles por el Laboratorio cada media hora, determinándose, también el TVN de la pesca que ingresa al cocedor,

lo cual permite clasificar la harina final. El producto que se obtiene sobre la base de una pesca de TVN menor o igual a 35 miligramos se designa como Prime "A"; entre 35 y 55 se denomina calidad "B"; entre 55 y 80, calidad "C" y sobre 80,calidad "D" o standard.

### **3.- Prensado**

Esta etapa corresponde a un proceso de estrujamiento o prensado mecánico de la pesca proveniente de la cocina, la cual proporciona el Licor de Prensa, que corresponde a la fase líquida y la Torta o Pulpa de Prensa, que es una masa más sólida.. Esta fase no afecta directamente la calidad biológica, bioquímica de los productos. Las prensas son equipos mecánicos conformados por una cavidad central, donde van alojados uno o dos tornillos helicoidales de paso decreciente, y que a su vez están rodeados de una pared ranurada o con perforaciones. La pesca es fuertemente comprimida por los tornillos, escurriendo un Licor a través de las rejillas, y una masa más sólida o Torta por el extremo.

### **4.- Desmenuzado**

El flujo "Torta de Prensa" es transportado hacia un desmenuzador o molino de martillo, el cual la golpea fuertemente, disgregándola y facilitando el mezclado posterior con concentrado y secado.

### **5.- Secado**

La torta mezclada y homogenizada con concentrado es distribuida uniformemente en una primera etapa de secadores a tubo, éstos son cilindros de gran diámetro en cuyo interior disponen de una serie de tubos longitudinales calefaccionados con vapor. Luego pasa a la segunda fase compuesta por secadores rotadiscos. A medida que avanza la torta por el interior del equipo que está en rotación, es calentada por contacto con los tubos y, secada uniformemente hasta ser descargada por un extremo. Desde este punto la harina a humedad intermedia va a la segunda etapa de secado, de donde sale a la humedad final especificada. Por su parte, los secadores rotadiscos son cilindros de menor tamaño en cuyo

interior gira un eje que está formado por una serie de discos huecos paralelos, por los cuales circula vapor, que secan por contacto la harina. Para lograr un óptimo resultado del proceso el Laboratorio de Control de Calidad se preocupa de tomar muestras cada media hora, para analizar la humedad de éstas. Si ésta resulta alta, la harina se separa inmediatamente y se vuelve a procesar. En caso contrario, se humedece o se mezcla con concentrado para su reproceso. Según parámetros internacionales, la humedad ideal de la harina al final del proceso, no debe sobrepasar el 10% de agua, ni debe bajar del 6%. Si es inferior, significa que se ha recalentado, y su calidad nutritiva y proteica se ha alterado. Por el contrario, si está demasiado húmeda, no se puede vender y además puede desarrollar hongos y otras bacterias.

#### **6.- Enfriamiento**

Después del secado la harina sale con la humedad deseada, pero a una temperatura no conveniente para ser envasada inmediatamente. Por ello la ingresamos a un equipo denominado enfriador, éste es un cilindro en cuyo interior gira un eje con paletas radiales que agitan y hacen avanzar la harina, la que se enfría con un gran flujo de aire que circula a contracorriente impulsado por un ventilador. Por lo general, la harina de pescado sufre la oxidación de sus grasas, por ser un producto higroscópico (absorción de humedad) y absorbe oxígeno. Para evitarlo, el producto es envasado frío y se le agrega un antioxidante, la etoxiquina es el compuesto químico utilizado, el cual inhibe el poder oxidante de las grasas.

#### **7. Molienda**

Para cumplir con los estándares internacionales de calidad, la harina es molida finamente en equipos denominados molinos a martillos. Luego se le agrega cierta cantidad de antioxidante con un Dosificador de Antioxidante. La Organización Marítima Internacional (IMO) exige, desde 1973, que los países suscriptores del Acuerdo sobre las normas para el transporte marítimo de mercaderías peligrosas, que agregaran antioxidante a la harina de pescado.

## **8. Ensaque**

Una vez agregado el antioxidante, la harina pasa a la etapa de ensaque, en ésta se introduce el producto en sacos de polipropileno de 50 kilos. En esta etapa es muy importante la participación del Laboratorio de Control de Calidad, ya que extrae las muestras necesarias para efectuar los correspondientes análisis de proteína,

Grasa, humedad, TVN y otros que permiten caracterizar y clasificar la harina de acuerdo a las calidades definidas: A, B1, B2, C y D. Además, los Surveyors o instituciones como SGS, CESMEC y otros, toman las muestras respectivas para examinar las harinas y declararlas aptas para exportación.

### **Detalle del Proceso de Producción de Aceite**

La harina y el aceite de pescado comparten los tres primeros pasos del proceso, o sea Almacenamiento, Cocción y Prensa. En esta última etapa se separan los dos elementos de los procesos productivos, la Torta de Prensa para elaborar Harina y el Licor de Prensa por el Aceite.

#### **a1.- Decanter**

Debido a que se necesita eliminar el alto porcentaje de grasa, sólidos y agua que arrastra el líquido que se genera en la Prensa, se impulsa por medio de bombas a un equipo denominado Decanter o Decantador, que es una centrifuga de eje horizontal que permite separar el sólido del líquido. La fase sólida catalogada Torta de Decanter se agrega a la torta de prensa y sigue su camino a los secadores. Por su parte, el líquido o Licor de Decanter que contiene grasa y agua fundamentalmente, es enviada por bombas a las separadoras ( Planta de Aceite)

#### **a2.- Separadoras**

El Licor de Decanter es precalentado a una temperatura de 95°C para enseguida ingresar a las separadoras. Estas consisten en una maquina centrifuga

vertical cuya función es separar del licor el aceite con muy poca humedad (menor al 0.3%), dejando un agua con baja grasa y sólidos designada: Agua de Cola que se envía a la Planta Evaporadora. El aceite obtenido de este proceso se envía a una segunda etapa de separación.

### **a3.- Clarificadora**

El aceite proveniente de las separadoras es calentado nuevamente a 95°C, y mezclado con una fracción de agua es enviado a la Purificadora. Este equipo es semejante a las separadoras, pero permite una mejor división, dejando un aceite final de baja humedad (menor al 0.1%) y exento de sólidos. Posteriormente, el aceite es bombeado a estanques para su almacenamiento final y despacho.

### **a4.- Planta Evaporadora**

El Agua de Cola proveniente de las separadores y sobrante del proceso, debido a su contenido de sólidos es enviada por bombas a las Plantas Evaporadoras, en las cuales se recupera el sólido del producto, mediante la evaporación y eliminación del agua contenida. El licor obtenido en este proceso se conoce como concentrado, porque es una solución con un alto contenido de sólido, la que se agrega a la torta de prensa antes de ingresar al secado para la elaboración final de Harina.



## **2.-Agua de cola**

Subproducto obtenido de centrifugar el caldo de prensa en la industria de harina de pescado. Incluye sólidos, aceite u agua. Es el efluente con mayor contenido de materia orgánica, ya que el proceso es imperfecto y genera zonas del mar cubiertas por manchas aceitosas, que impiden el normal desenvolvimiento de la vida de las aves, peces y mariscos.

## **3.-Sanguaza**

Efluente originado por el amontonamiento de materia prima en las pozas, donde la presión hace que los cuerpos de los pescados se dañen y dejen restos de carne, vísceras, sangre, escamas y aceite, que se depositan por una tubería en el mar, afectando especialmente el nivel de oxigenación de las aguas costeras.

La industria de harina y aceite de pescado es una de las actividades que contribuye a la contaminación de la zona marino costera, incluyendo el mar, las playas y el aire.

La descarga de líquidos de las fábricas tiene un alto contenido de materia orgánica, producto del uso de agua para el bombeo de la pesca a las plantas de procesamiento (agua de bombeo), y del propio proceso productivo (sanguaza), estas emisiones, al llegar al mar, consumen el oxígeno en el agua, ya que lo necesitan para descomponer su contenido de materia orgánica, ocasionando la muerte (varazón) de peces y otros organismos habitantes del medio y fondo marinos. Además, las deficiencias en la captura y conservación de la pesca a bordo de la flota (al no contar todas las embarcaciones con sistemas de frío) producen impactos ambientales adicionales.

La contaminación en las aguas del ámbito marítimo tiene dos fuentes principales: (a) las plantas procesadoras de harina y aceite de pescado, y (b) las aguas residuales provenientes de los centros urbanos.

La contaminación de las aguas costeras, debido a la emisión y deficiente tratamiento de sustancias de las actividades realizadas por las industrias de la harina y aceite de pescado, a sido combatido con éxito parcial mediante la aplicación de los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental – PAMA, que en general han permitido una reducción de la contaminación, sin embargo, al no aplicarse todavía con rigor los límites máximos permisibles, los niveles de contaminación mantienen todavía niveles preocupantes.

Con la finalidad de evitar, reducir, controlar y revertir los efectos negativos de las sustancias antes mencionadas, el Ministerio de Pesquería fija los límites permisibles de emisión de desechos al medio ambiente marino para la actividad pesquera de consumo humano indirecto, cuyos parámetros se indican en las tablas N° 3.14, 3.15 y 3.16, respectivamente.

**Tabla N° 3.14****1.- Efluentes Generados por las Plantas Evaporadoras de Agua de Cola**

<b>Parámetro</b>	<b>Promedio</b>
DBO <sub>5</sub> , mg/L	100
Sólidos Totales (ST), mg/L	100
Grasas, mg/L	50
pH	De 5 a 8

**Tabla N° 3.15****2.- Efluentes Generados por el Agua de Bombeo y la Sanguaza**

<b>Parámetro</b>	<b>Instantáneo Diario</b>	<b>Promedio</b>
DBO <sub>5</sub> , mg/L	800	400
Sólidos Totales (ST)*, mg/L	37,000	32,260
Grasas, mg/L	700	360
pH	De 6 a 8	De 6 a 8

\* Se incluye el contenido de las sales marinas: 33,500 mg/L.

El Agua de Bombeo y la Sanguaza, son reciclados conjuntamente, por lo cual los Límites Permisibles son iguales.

**Tabla N° 3.16****3.-Efluentes Generados por el Desagüe General**

<b>Parámetro</b>	<b>Instantáneo</b>	<b>Diario</b>	<b>Promedio</b>
DBO <sub>5</sub> , mg/L	800		400
Sólidos Totales (ST)*, mg/L	37,000		32,260
Grasas, mg/L	700		360
pH	De 6 a 8		De 6 a 8
Coliformes Fecales **, NMP/100ml	2.000		2.000

\* Se incluye el contenido de las sales marinas: 33,500 mg/L

\*\* Medidos como numero más probable por cada 100 ml de muestra.

Fuente: R.M. 478-94-PE. "Fijan Límites Permisibles de Emisión de Desechos al Medio Ambiente Marino para la Actividad Pesquera de Consumo Indirecto". Ministerio de Pesquería. Perú. 15-12-94.

### **3.5 Reglamentos Complementarios**

Muchos de los sectores industriales no cuentan con un reglamento oficial de los límites máximos permisibles de sus efluentes, y para sus actividades se basan en el Reglamento de Desagües Industriales y en la Ley General de Aguas, cuyos parámetros se muestran en las tablas N° 3.17 y 3.18, respectivamente.

**Tabla N° 3.17**  
**Reglamento de Desagües Industriales**

<b>Parámetro</b>	<b>Valores</b>
pH	De 5 a 8.5
Sólidos Suspendidos Sedimentables, ml/L/h	8.5
Temperatura, °C	35
Grasas, mg/L	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno, mg/L	1000

Fuente: Reglamento de Desagües Industriales, valores máximos que deben tener las descargas antes de ingresar a la red pública. D.S. 028-60 SAPL (29-11-60)

**Tabla N° 3.18**

**Clasificación de los Cursos de Agua y de Las Zonas Costeras Del País – Ley  
General de Aguas**

El pH para todos los usos, entre 6 y 9.

**I.- Límites Bacteriológicos (NMP/100 mL)**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Coliformes Totales	8.8	20000	5000	5000	1000	20000
Coliformes Fecales	0	4000	1000	1000	200	4000

**II.- Límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)  
5 días, (20°C) y de Oxígeno Disuelto (O.D.)**

Valores en (mg/m<sup>3</sup>)

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
DBO <sub>5</sub>	5	5	15	10	10	10
OD	3	3	3	3	5	4

### III.- Límites de Sustancias Potencialmente Peligrosas

Valores en (mg/m<sup>3</sup>)

Parámetro	I	II	III	V	VI
Selenio	10	10	50	5	10
Mercurio	2	2	10	0.1	0.2
PCB	1	1	1+	2	2
Esteres Estalatos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cadmio	10	10	50	0.2	4
Cromo	50	50	1000	50	50
Níquel	2	2	1+	2	**
Cobre	1000	1000	500	10	*
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	5000	5000	25000	20	**
Cianuros (CN)	200	200	1+	5	5
Fenoles	0.5	1	1+	1	100
Sulfuros	1	2	1+	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos (N)	10	10	100	N.A.	N.A.

Notas:

Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1

pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02

LC50 : Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del BIO ENSAYO.

1+ : Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V, provisionalmente.

N.A. Valor no aplicado.

**IV.- Límites de Sustancias o Parámetros Potencialmente Perjudiciales**  
**Valores en mg/m<sup>3</sup>**

<b>Parámetros</b>		<b>I y II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
M.E.H.	(1)	1.5	0.5	0.2
S.A.A.M.	(2)	0.5	1.0	0.5
C.A.E.	(3)	1.5	5.0	5.0
C.C.E.	(4)	0.3	1.0	1.0

Notas:

1. Material extractable en Hexano (grasa principalmente)
2. Sustancias activas de azul de Metileno (Detergente principalmente)
3. Extracto de columna de carbón activo por alcohol (método de flujo lento).
4. Extracto de columna de carbón activo por Cloroformo (método de flujo lento).

Fuente: D.L. N° 17752 Ley General de Aguas y sus Modificaciones al Reglamento de los Títulos I, II, III según el D.S. 067-83. Ministerio de Salud, Perú.

## **IV. ANALISIS DE LAS AGUAS DE PROCESO VIA ANALITICA MOVIL DE MERCK**

El amplio programa de productos para el análisis móvil que ofrece la empresa Merck Peruana, rompe con las normas usuales, ofreciendo una solución de análisis rápido, eficiente y con garantía para los usuarios, en cualquiera de las actividades en que se desenvuelva la empresa, a continuación se hará una descripción en forma resumida de la gama de productos que ofrece Merck.

### **4.1 Test Visuales, Análisis Semicuantitativos**

En muchas aplicaciones es suficiente una determinación semicuantitativa de los componentes, para cumplir con este objeto se usan los sistemas denominados: Merckoquant®, Aquamerck®, Aquaquant®, y Microquant®. Estos sistemas proporcionan rápidamente una orientación global, siendo algunas de sus principales ventajas las siguientes:

- Resultados rápidos en un minuto.
- Fácil manipulación en el lugar aun por personal sin entrenamiento.
- Todos los reactivos necesarios en el Kit.
- No se necesitan laboratorios, fotómetros ni electricidad.
- Excelente razón precio / rendimiento.
- Vida útil larga.

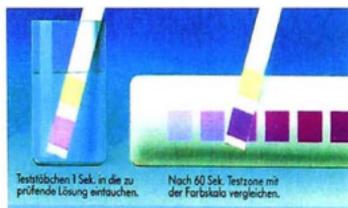
#### 4.1.1 Merckoquant®

Este sistema de análisis móvil, trabaja con las tiras de prueba Merckoquant®, las cuales proporcionan un manejo fácil y conveniente. La movilidad es la característica esencial de estas tiras de prueba. Estas quepan en cualquier bolsillo y pueden ser portadas siempre.

Método colorimétrico, con tiras analíticas, las tiras están impregnadas de reactivo, la prueba se realiza por inmersión de la tira en la muestra a ser analizada, se espera el tiempo de reacción indicado en cada inserto y luego se lee el resultado por comparación con una escala de colores proporcionado en cada empaque. La figura N° 7 muestra el sistema de análisis móvil Merckoquant.

**Figura N° 7**

Varillas Analíticas Merckoquant®



La relación de productos que nos ofrece Merck, en el sistema Merckoquant®, se muestra a continuación:

MERCCKOQUANT: Método Colorimétrico, con varillas analíticas			
Código	Parámetro	Rango (mg/L)	Núm de pruebas
1.10023	Acido Ascórbico	50 - 100 - 200 - 300 - 500 - 700 - 1000 - 2000 mg/L Acido Ascórbico	100
1.10084	Acido Peracético	5 - 10 - 20 - 30 - 50 mg/L de Ac. Peracético	100
1.10001		100 - 150 - 200 - 250 - 300 - 400 - 500 mg/L de Ac. Per.	100
1.10015	Aluminio	10 - 25 - 50 - 100 - 250 mg/L Al	100
1.10024	Amonio	10 - 30 - 60 - 100 - 200 - 400 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100
1.10026	Arsénico	0.1 - 0.5 - 1 - 1.7 - 3 mg/L As	100
1.17926	Arsénico	0.01 - 0.025 - 0.05 - 0.1 - 0.5 mg/L As	100
1.10083	Calcio	10 - 25 - 50 - 100 mg/L Ca	60
1.10044	Cianuro	1 - 3 - 10 - 30 mg/L CN <sup>-</sup>	100
1.10043	Cloro Libre	4 - 12 - 40 - 120 mg/L Cl <sub>2</sub>	100
1.10079	Cloruro	500 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 mg/L Cl <sup>-</sup>	100
1.10002	Cobalto	10 - 30 - 100 - 300 - 1000 mg/L Co	100
1.10003	Cobre	10 - 30 - 100 - 300 mg/L Cu	100
1.10012	Cromato	3 - 10 - 30 - 100 mg/L CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100
1.00648	Dureza Carbonato	4 - 8 - 12 - 16 - 24 °d (*)	100
1.10046	Dur. Total	5 - 10 - 15 - 20 - 25 °d (*)	100
1.10025	Dur. Total	3 - 4 - 7 - 14 - 21 °d (*)	100
1.10032	Dur. Total	3 - 4 - 7 - 14 - 21 °d (*)	1000
1.10029	Dur. Total	3 - 4 - 7 - 14 - 21 °d (*)	5000
1.10028	Estaño	10 - 25 - 50 - 100 - 200 mg/L Sn	50

1.10036	Formaldehido	10 - 20 - 40 - 60 - 100 mg/L HCHO	100
1.10428	Fosfato	10 - 25 - 50 - 100 - 250 - 500 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	100
1.10004	Hierro	3 - 10 - 25 - 50 - 100 - 250 - 500 mg/L Fe <sup>2+</sup>	100
1.10080	Manganeso	2 - 5 - 20 - 50 - 100 mg/L Mn	100
1.10049	Molibdeno	5 - 20 - 50 - 100 - 250 mg/L Mo	100
1.10006	Niquel	10 - 25 - 100 - 250 - 500 mg/L Ni	100
1.10050	Nitrato	10 - 25 - 50 - 100 - 250 - 500 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25
1.10020	Nitrato	10 - 25 - 50 - 100 - 250 - 500 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	100
1.10007	Nitrito	2 - 5 - 10 - 20 - 40 - 80 mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	100
1.10022	Nitrito	0.1 - 0.3 - 0.6 - 1 - 2 - 3 g/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	100
1.10011	Peróxido	0.5 - 2 - 5 - 10 - 25 mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	100
1.10081	Peróxido	1 - 3 - 10 - 30 - 100 mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	100
1.10337	Peróxido	100 - 200 - 400 - 600 - 800 - 1000 mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	100
1.10008	Plata	0.5 - 1 - 1.7 - 3 - 5 - 7 - 10 g/l Ag / 4- 5-6-7-8 : pH	100
1.10077	Plomo	20 - 40 - 100 - 200 - 500 mg/L Pb	100
1.10042	Potasio	250 - 450 - 700 - 1000 - 1500 mg/L K	100
1.10019	Sulfato	200 - 400 - 800 - 1200 - 1600 mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100
1.10013	Sulfito	10 - 40 - 80 - 180 - 400 mg/L SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	100
1.10038	Zinc	10 - 40 - 100 - 250 mg/L Zn	100
		(*) 1°d = 17.8 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	

#### 4.1.2 Aquamerck®

El test de análisis rápido Aquamerck® es el prototipo del análisis móvil. Este método se elige cuando los resultados son requeridos en forma rápida y al menor costo posible.

Los métodos utilizados pueden ser por titulación o por sistemas colorimétricos.

Este sistema esta basado en el cambio de color de la reacción que se da entre la sustancia a ser determinada y el reactivo adicionado.

Para determinar la concentración de la sustancia analizada, se puede hacer de 2 formas:

1. Utilizando un frasco gotero, se cuenta el número de gotas gastadas, una vez obtenido el cambio de color y este valor se cuantifica en una tabla.

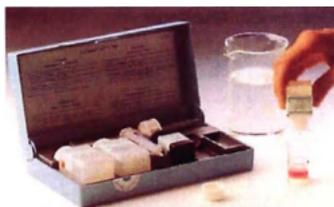
2. Con pipetas tituladoras del sistema Aquamerck, en el proceso colorimétrico se adiciona uno o más reactivos a la muestra, resultando una reacción de color con la sustancia a ser determinada, la intensidad de color depende directamente de la cantidad de sustancia, se compara luego el color formado con los patrones coloreados impresos en un cartón, leyéndose directamente el valor de la concentración.

La figura N° 8 muestra el sistema de análisis móvil Aquamerck®

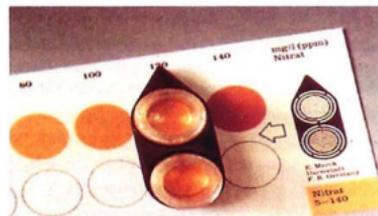
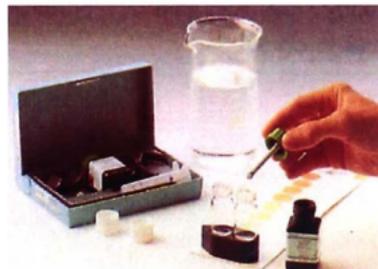
**Figura N° 8**  
Sistema Analítico de Aquamerck®



**Análisis Vía Titulación del Sistema Aquamerck®**



## Análisis Via Colorimetrico del Sistema Aquamerck®



La relación de productos que ofrece Merck, en el sistema Aquamerck®, se muestra a continuación:

AQUAMERCK			
Código	Parámetro	Rango (mg/L)	Numero de Pruebas
1.11108	Acidez	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación = 0.1 mmol/L	170 a 10mmol/l
1.11130	Acido Carbónico	Volumétrico por gotas, 1 gota = 1 °d (*)	50
1.11109	Alcalinidad	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=0.1 mmol/L	170 a 10mmol/l
1.11117	Amonio	Método colorimétrico: 0.5 - 1 - 3 - 5 - 10 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	150
1.14657	Amonio	Método colorimétrico: 0.5 - 1 - 2 - 3 - 5 - 10 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	50
1.08024	Amonio	Método colorimétrico: 0.2 - 0.4 - 0.6 - 1 - 2 - 3 - 5 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	50
1.11110	Calcio	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=2 mg/L	170 a 200 mg/L
1.14670	Cloro	Método colorimétrico: 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 mg/L Cl <sub>2</sub>	140
1.11174	Cloro y pH	0.1 - 0.3 - 0.6 - 1 - 1.5 mg/L Cl <sub>2</sub> / 6.8 - 7.1 - 7.4 - 7.6 - 7.8 pH	200:Cl <sub>2</sub> / 160:pH
1.11100	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Cl <sub>2</sub> =200 / pH=160	200:Cl <sub>2</sub> / 160:pH
1.11157	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Reactivos del cloro 1,2,3	200
1.11113	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Reactivo 1 del cloro	2000

1.11114	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Reactivo 2 del cloro	2000
1.11115	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Reactivo 3 del cloro	2000
1.11116	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Reactivo 4 sol. de pH	1000
1.11171	Cloro y pH	Envase de repuesto para 1.11174: Probeta de Cl <sub>2</sub> y pH	1
1.11160	Cloro y pH	Método colorimétrico: 0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 - 0.75 - 1 - 1.5 mg/L Cl <sub>2</sub> pH: 6.5 - 6.8 - 7 - 7.2 - 7.4 - 7.6 - 7.9	150
1.11132	Cloruro	Volumétrico por goteo, 1 gota = 25 mg/L Cl <sup>-</sup>	170 a 200 mg/L
1.11106	Cloruro	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=2 mg/L Cl <sup>-</sup>	170 a 200 mg/L
1.14651	Cobre	Método colorimétrico: 0.15 - 0.3 - 0.45 - 0.6 - 0.8 - 1.2 - 1.6 mg/L Cu	60
1.11103	Dureza Carbonato	Volumétrico por goteo, 1 gota = 1°d (*)	50 a 10°d
1.08048	Dureza Carbonato	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=0.1 mmol/l y 0.2°d(*)	340 a 10°d
1.08041	Dureza Carbonato	Envase de repuesto para 1.08048	340 a 10°d
1.08039	Dur. Total	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=0.1 mmol/l y 0.2°d(*)	340 a 10°d
1.08033	Dur. Total	Envase de repuesto para 1.08039 ; Reactivos 1 y 2	340 a 10°d
1.11122	Dur. Total	Envase de repuesto para 1.08039 y 1.08047: Reactivo 1	680 a 10°d
1.11141	Dur. Total	Envase de repuesto para 1.08039 :	800 a 10°d

		Reactivo 2	
1.08047	Dur. Total	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=1 mg/L CaCO <sub>3</sub> y 1°d(*)	300 a 3°d
1.08040	Dur. Total	Envase de repuesto para 1.08047 : Reactivos 1 y 2	300 a 3°d
1.08028	Formal Dehído	Método colorimétrico: 0.1 - 0.25 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1 - 1.5 mg/L HCHO	100
1.11138	Fosfato	Método colorimétrico: 1 - 2.5 - 5 - 7.5 - 10 mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	150
1.08046	Fosfato	Envase de repuesto para 1.11138	100
1.14661	Fosfato	Método colorimétrico: 0.25 - 0.5 - 0.75 - 1 - 1.5 - 2 - 3 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	100
1.08021	Fosfatos Y Silicatos	Método colorimétrico: 1 - 2.5 - 5 - 7.5 - 10 mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 0.3 - 0.7 - 1.5 - 2.2 - 3: mg/L SiO <sub>2</sub>	50 = P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 = SiO <sub>2</sub>
1.08045		Envase de repuesto para 1.08021	100
1.08017	Hidrazina	Método colorimétrico: 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 mg/L N <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	100
1.11136	Hierro	Método colorimétrico: 0.1 - 0.3 - 0.5 - 1 - 2.5 - 5 - 7.5 - 12.5 - 25 - 50 mg/L Fe	180
1.08023	Hierro	Envase de repuesto para 1.11136	90
1.14660	Hierro	Método colorimétrico: 0.05 - 0.1 - 0.2 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1 mg/L Fe	50
1.11131	Magnesio	Método Colorimétrico: 100 - 200 - 300 - 500 - 1000 - 1500 mg/L Mg	50
1.11169	Nitrato	Método colorimétrico: 10 - 25 - 50 - 75 - 100 - 125 - 150 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	100
1.11170	Nitrato	Método colorimétrico: 10 - 25 - 50 - 75	200

		- 100 - 125 - 150 mg/L $\text{NO}_3^-$	
1.14658	Nitrito	Método colorimétrico: 0.05 - 0.15 - 0.25 - 0.5 - 1 mg/L $\text{NO}_2^-$	100
1.11118	Nitrito	Método colorimétrico: 0.05 - 0.15 - 0.25 - 0.5 - 1 mg/L $\text{NO}_2^-$	150
1.08025	Nitrito	Método colorimétrico: 0.025- 0.05- 0.075- 0.1- 0.15- 0.2- 0.3- 0.5 mg/L $\text{NO}_2^-$	150
1.14662	Oxígeno	Método colorimétrico: 1 - 3 - 5 - 7 - 9 - 12 mg/L $\text{O}_2$	50
1.11107	Oxígeno	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=0.1 mg/L $\text{O}_2$	100 a 8.5 mg/L
1.11152	Oxígeno	Envase de repuesto para 1.11107	100
1.08027	PH	Método colorimétrico: 4.5 - 5 - 5.5 - 6 - 6.5 - 7 - 7.5 - 8 - 8.5 - 9 pH	400
1.08037	PH	Método colorimétrico: 4.5 - 5 - 5.5 - 6 - 6.5 - 7 - 7.5 - 8 - 8.5 - 9 pH	100
1.08043	PH	Envase de repuesto para 1.08037: Solución indicadora.	200
1.14655	PH	Envase de repuesto para 1.08037: 5 - 9, graduación 0.5	200
1.14656	PH	Envase de repuesto para 1.08037: 7.1 - 8.9, graduación 0.3	200
1.14663	PH	Envase de repuesto para 1.08037: 6.5 - 8.2, graduación 0.2-0.3	200
1.11137	PH	Método colorimétrico: 4.5 - 5 - 5.5 - 6 - 6.5 - 7 - 7.5 - 8 - 8.5 - 9 pH	200
1.11148	Sulfito	Volumétrico con pipeta de valoración, graduación=0.5 mg/L $\text{SO}_3^{2-}$	170 a 50 mg/L
	(*)	1°d = 17.8 mg/L de $\text{CaCO}_3$	

### 4.1.3 Aquaquant®

Su poder está en la medición de concentraciones bajas. El test Aquaquant® puede medir concentraciones en aguas de bebida aun en el rango de 0,01 mg/L, pero su manejo sigue aún siendo fácil y conveniente.

Es un método colorimétrico, con tarjeta de colores, dentro de los kits de Aquaquant se encuentra todo el material necesario para el análisis, un kit contiene reactivos, tubos de ensayo, jeringas para la toma de muestra y las cartillas de colores. En la cartilla de colores son comparados hasta que ambos tubos (el blanco y la muestra) presenten el mismo color, entonces cuantificamos la concentración de la sustancia en la muestra a analizar, tomando el valor indicado en la cartilla, la sensibilidad de la escala de colores es un componente primordial, para la rápida comparación visual.

En la figura N° 9 se muestra el sistema de análisis móvil de Aquaquant.

**Figura N° 9**

Kits Analíticos Aquaquant®



La relación de productos que nos ofrece Merck, en el sistema Aquaquant®, se muestra a continuación:

AQUAQUANT : Método colorimétrico, con tarjeta de colores

Código	Parámetro	Rango (mg/L)	Num. de Pruebas
1.14413	Aluminio	0.07 - 0.12 - 0.2 - 0.35 - 0.5 - 0.65 - 0.8 mg/L de Al	185
1.14423	Amonio	0.2 - 0.5 - 0.8 - 1.2 - 1.6 - 2 - 3 - 5 - 8 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	250
1.14752	Amonio	Envase de repuesto para 1.14423	500
1.14428	Amonio	0.025 - 0.05 - 0.075 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.25 - 0.3 - 0.4 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	60
1.14752	Amonio	Envase de repuesto para 1.14428	125
1.14400	Amonio	0.05 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 - 0.6 - 0.8 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100
1.14443	Calcio	3 - 6 - 9 - 12 - 18 - 26 - 40 mg/L Ca	90
1.14815	Calcio	Envase de repuesto para 1.14443	180
1.14429	Cianuro	0.03 - 0.06 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 - 0.7 mg/L CN <sup>-</sup>	200
1.14800	Cianuro	Envase de repuesto para 1.14429	400
1.14417	Cianuro	0.002 - 0.004 - 0.007 - 0.01 - 0.013 - 0.016 - 0.02 - 0.025 - 0.03 mg/L CN <sup>-</sup>	65
1.14800	Cianuro	Envase de repuesto para 1.14417	130
1.14434	Cloro Libre	0.01 - 0.025 - 0.045 - 0.06 - 0.08 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.3 mg/L Cl <sub>2</sub>	300
1.14828	Cloro Libre	Envase de repuesto para 1.14434	600
1.14401	Cloruro	5 - 10 - 20 - 40 - 75 - 150 - 300 mg/L Cl <sup>-</sup>	300

1.14755	Cloruro	Envase de repuesto para 1.14401	600
1.14414	Cobre	0.05 - 0.08 - 0.12 - 0.16 - 0.2 - 0.25 - 0.3 - 0.4 - 0.5 mg/L Cu	100
1.14418	Cobre	0.3 - 0.6 - 1 - 1.5 - 2 - 2.5 - 3 - 4 - 5 mg/L Cu	100
1.14767	Cobre	Envase de repuesto para 1.14414 y 1.14418	200
1.14421	Color	5 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 70 - 100 - 150 HAZEN	1 Pack
1.14402	Cromo	0.005 - 0.01 - 0.02 - 0.03 - 0.04 - 0.05 - 0.06 - 0.08 - 0.1 mg/L Cr	150
1.14758	Cromo	Envase de repuesto para 1.14402	300
1.14441	Cromo	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.45 - 0.6 - 0.8 - 1 - 1.3 - 1.6 mg/L Cr	300
1.14758	Cromo	Envase de repuesto para 1.14441	600
1.14445	Fósforo	0.015 - 0.03 - 0.045 - 0.06 - 0.08 - 0.11 - 0.14 mg/L P	200
1.14848	Fósforo	Envase de repuesto para 1.14445	200
1.14449	Fósforo	1 - 2 - 3.5 - 6 - 10 - 20 - 40 mg/L P	190
1.14842	Fósforo	Envase de repuesto para 1.14449	400
1.14403	Hierro	0.01 - 0.02 - 0.03 - 0.04 - 0.06 - 0.08 - 0.1 - 0.15 - 0.2 mg/L Fe	300
1.14761	Hierro	Envase de repuesto para 1.14403	600
1.14438	Hierro	0.2 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1 - 1.3 - 1.6 - 2 - 2.5 mg/L Fe	500
1.14761	Hierro	Envase de repuesto para 1.14438	1000
1.14404	Hierro	0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 3 - 5 - 7.5 - 10 - 15 mg/L Fe	300
1.14406	Manganeso	0.03 - 0.06 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.25 - 0.3 - 0.4 - 0.5 mg/L Mn	110
1.14770	Manganeso	Envase de repuesto para 1.14406	220
1.14420	Niquel	0.02 - 0.04 - 0.07 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 mg/L Ni	125
1.14785	Niquel	Envase de repuesto para 1.14420	250
1.14408	Nitrito	0.005 - 0.012 - 0.02 - 0.03 - 0.04 - 0.05 - 0.06 -	110

1.14776	Nitrito	0.08 - 0.1 mg/L $\text{NO}_2^-$	220
1.14424	Nitrito	Envase de repuesto para 1.14408	400
1.14776	Nitrito	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1 - 1.3 - 2 mg/L $\text{NO}_2^-$	800
1.14410	Silicio	Envase de repuesto para 1.14424	150
1.14794	Silicio	0.01 - 0.02 - 0.04 - 0.06 - 0.08 - 0.1 - 0.15 - 0.2 - 0.25 mg/L Si	300
1.14411	Sulfato	Envase de repuesto para 1.14410	90
1.14791	Sulfato	25 - 50 - 80 - 110 - 140 - 200 - 300 mg/Ln $\text{SO}_4^{4-}$	180
1.14416	Sulfuro	Envase de repuesto para 1.14411	100
1.14779	Sulfuro	0.02 - 0.04 - 0.06 - 0.08 - 0.1 - 0.13 - 0.16 - 0.2 - 0.25 mg/L $\text{S}^{2-}$	200
1.14412	Zinc	Envase de repuesto para 1.14416	120
1.14782	Zinc	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 0.7 - 1 - 2 - 5 mg/L Zn	240
		Envase de repuesto para 1.14412	

#### 4.1.4 Microquant®

El test Microquant® es utilizable particularmente para aguas turbias o coloreadas debido a su principio de luz transmitida mas un blanco de muestra..

Método colorimétrico, con disco de colores. Las pruebas son indicadas para todo tipo de agua: potable, superficiales, lechos fríaticos, y efluentes industriales.

Los reactivos son adicionados al tubo de ensayo conteniendo la muestra a ser analizada, el color de la solución se torna más intensa a mayor concentración de la muestra a ser determinada, El bloque comparador con dos tubos de ensayo es colocado contra la luz y se compara los colores girando un disco, el resultado de la medición es leído en la parte derecha del bloque comparador.

En la figura N° 10 se muestra el sistema de análisis móvil de Microquant®.

**Figura N° 10**

**Kits Analíticos  
Microquant®**



La relación de productos que nos ofrece Merck, en el sistema Microquant®, se muestra a continuación:

**MICROQUANT : Método Colorimétrico, con disco de colores**

Código	Parámetro	Rango (mg/L)	Núm de pruebas
1.14822	Aluminio	0.1 - 0.2 - 0.35 - 0.5 - 0.75 - 1 - 2 - 3 - 6 mg/L Al	145
1.14824	Aluminio	Envase de repuesto para 1.14822	290
1.14750	Amonio	0.2 - 0.5 - 0.8 - 1.3 - 2 - 3 - 4.5 - 6 - 8 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	250
1.14752	Amonio	Envase de repuesto para 1.14750	500
1.14798	Cianuro	0.03 - 0.07 - 0.13 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 1 - 2 - 5 mg/L CN <sup>-</sup>	200
1.14800	Cianuro	Envase de repuesto para 1.14798	400
1.14826	Cloro	0.25 - 0.5 - 0.75 - 1 - 2 - 4 - 7 - 10 - 15 mg/L Cl <sub>2</sub>	300
1.14828	Cloro	Envase de repuesto para 1.14826	300
1.14801	Cloro	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1 - 1.5 - 2 mg/L Cl <sub>2</sub>	350
1.14803	Cloro	Envase de repuesto para 1.14801	700
1.14978	Cloro	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1.0 - 1,5 - 2,0 mg/L Cl <sub>2</sub>	560
1.14979	Cloro	Envase de repuesto para 1.14978	1120
1.14976	Cloro	0.25 - 0.5 - 0.75 - 1 - 2 - 4 - 8 - 10 - 15 mg/L Cl <sub>2</sub>	1000
1.14977	Cloro	Envase de repuesto para 1.14976	800
1.49780	Cloro	0.25 - 0.5 - 0.75 - 1 - 2 - 4 - 8 - 10 - 15 mg/L Cl <sub>2</sub>	1000
1.14977	Cloro	Envase de repuesto para 1.49780	800
1.14753	Cloruro	3 - 6 - 10 - 18 - 30 - 60 - 100 - 180- 300 mg/L Cl <sup>-</sup>	150
1.14755	Cloruro	Envase de repuesto para 1.14753	300
1.14765	Cobre	0.3 - 0.6 - 1 - 1.5 - 2 - 3 - 5 - 7 - 10 mg/L Cu	100
1.14767	Cobre	Envase de repuesto para 1.14765	200
1.14756	Cromo	0.1 - 0.2 - 0.35 - 0.6 - 1 - 1.8 - 3 - 6 - 10 mg/L Cr	300
1.47758	Cromo	Envase de repuesto para 1.14756	600

1.14840	Fósforo	1.5 - 3 - 6 - 9 - 12 - 16 - 20 - 40 - 100 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$	300
1.14842	Fósforo	Envase de repuesto para 1.14840	650
1.14846	Fósforo	0.2 - 0.4 - 0.6 - 0.8 - 1 - 1.5 - 2 - 2.5 - 3 mg/L P	200
1.14848	Fósforo	Envase de repuesto para 1.14846	400
1.14759	Hierro	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.5 - 0.8 - 1.2 - 2 - 3 - 5 mg/L Fe	500
1.14761	Hierro	Envase de repuesto para 1.14759	1000
1.14768	Manganeso	0.3 - 0.7 - 1.3 - 2 - 3 - 4 - 5 - 7 - 10 mg/L Mn	110
1.14770	Manganeso	Envase de repuesto para 1.14768	220
1.14783	Níquel	0.5 - 1 - 1.5 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10 mg/L Ni	500
1.14785	Níquel	Envase de repuesto para 1.14783	1000
1.14771	Nitrato	5 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 90 mg/L $\text{NO}_3^-$	90
1.14773	Nitrato	Envase de repuesto para 1.14771	90
1.14774	Nitrito	0.1 - 0.2 - 0.4 - 0.6 - 1 - 1.8 - 3 - 6 - 10 mg/L $\text{NO}_2^-$	400
1.14776	Nitrito	Envase de repuesto para 1.14774	800
1.14792	Silicio	0.3 - 0.6 - 1 - 1.5 - 2 - 3 - 5 - 7 - 10 mg/L Si	150
1.14794	Silicio	Envase de repuesto para 1.14792	300
1.14789	Sulfato	25 - 50 - 75 - 100 - 130 - 160 - 190 - 240 - 300 mg/L $\text{SO}_4^{2-}$	90
1.14791	Sulfato	Envase de repuesto para 1.14789	180
1.14777	Sulfuro	0.1 - 0.3 - 0.5 - 0.7 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 mg/L $\text{S}^{2-}$	200
1.14779	Sulfuro	Envase de repuesto para 1.14783	400
1.14843	Urea	0.3 - 0.6 - 1 - 1.5 - 2 - 3 - 4 - 5 - 8 mg/L $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$	100
1.14845	Urea	Envase de repuesto para 1.14843	100
1.14780	Zinc	0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 - 0.5 - 0.7 - 1 - 2 - 5 mg/L Zn	120
1.14782	Zinc	Envase de repuesto para 1.14780	240

## **4.2 Análisis cuantitativos**

Los sistemas analíticos Reflectoquant® y Spectroquant® proporcionan resultados confiables en una vía muy conveniente.

### **4.2.1 Reflectoquant®**

El sistema Reflectoquant® es un desarrollo innovador, usando las tiras de prueba, estas tiras son introducidas al Reflectómetro RQflex plus, haciendo posible la determinación cuantitativa de las diferentes sustancias de una manera muy fácil.

El Refractómetro también puede ser usado midiendo el test en cubetas, para ello solo debe cambiarse la cámara de medición y con la ayuda de la más moderna técnica de código de barras, puede almacenarse datos en forma simultanea.

Si la determinación requiere una sensibilidad de medición muy alta, los kits de prueba Reflectoquant® plus pueden ser usados.

El instrumento RQ-flex plus esta basado en el principio de reflectometria (fotometría de remisión), que mide la luz reflejada, la diferencia en intensidad entre la emitida y reflejada permite una determinación cuantitativa del analito.

En la figura N° 11 se muestra el sistema de análisis móvil de Reflectoquant®.

**Figura N° 11****Sistema Analítico Reflectoquant®****Equipo RQ-Flex Plus****Lectura Vía Tiras Reflectoquant®****Lectura Vía Cubetas**

La relación de productos que nos ofrece Merck, en el sistema Reflectoquant®, se muestra a continuación:

REFLECTOQUANT : Método cuantitativo			
Código	Parámetro	Ranigo(mg/L)	Núm de pruebas
1.16981	Acido Ascorbico	25 - 450 mg/L Ac. Ascórbico	50
1.16975	Acido Peracético	1 - 22.5 mg/L Ac. Peracético	50
1.16976	Acido Peracético	75 - 400 mg/L Ac. Peracético	50
1.16721	Acido Tartárico	0.5 - 5 g/l mg/L Ac. Tartárico	50
1.16994	Aluminiq	5 - 50 mg/L Al	50
1.16892	Amonio	0.2 - 7 mg/L $\text{NH}_4^+$	50
1.16899	Amonio	5 - 20 mg/L $\text{NH}_4^+$	50
1.16977	Amonio	20 - 180 mg/L $\text{NH}_4^+$	50
1.16993	Calcio	2.5 - 45 mg/L Ca	50
1.16125	Calcio	5 - 125 mg/L Ca	50
1.17943	Cianuro	0.02 - 0.4 mg/L $\text{CN}^-$	100
1.17940	Cloro Libre	0.05 - 2 mg/L $\text{Cl}_2$	100
1.16896	Cloro Libre	0.5 - 10 mg/L $\text{Cl}_2$	50
1.17944	Cloruro	2.0 - 50 mg/L $\text{Cl}^-$	100
1.16990	Cobalto	25 - 450 mg/L Co	50
1.16984	Cobre	5 - 200 mg/L Cu	50
1.16988	Cromato	1.0 - 45 mg/L $\text{CrO}_4^{2-}$	50
1.16126	Dureza Carbonato	0.5 - 20 °d (*)	50
1.16997	Dureza Total	0.1 - 30°d (*)	50
1.16989	Formaldehído	1.0 - 45 mg/L HCHO	50
1.17942	Fosfato	0.1 - 5 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$	100
1.16978	Fosfato	5 - 120 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$	50

1.16720	Glucosa	1.0 - 100 mg/L de glucosa	50
1.16982	Hierro	0.5 - 20 mg/L Fe	50
1.16983	Hierro	20 - 200 mg/L Fe	50
1.05851	Lipasa	10 - 400 $\square$ g/l de lipasa	50
1.16991	Manganeso	0.5 - 45 mg/L Mn	50
1.16979	Molibdeno	1.0 - 45 mg/L Mo	50
1.16985	Níquel	10 - 200 mg/L Ni	50
1.16995	Nitrato	3.0 - 90 mg/L $\text{NO}_3^-$	50
1.16971	Nitrato	5 - 225 mg/L $\text{NO}_3^-$	50
1.17941	Nitrito	0.02 - 1 mg/L $\text{NO}_2^-$	100
1.16973	Nitrito	0.5 - 25 mg/L $\text{NO}_2^-$	50
1.16732	Nitrito	0.03 - 1 g/l $\text{NO}_2^-$	50
1.16894	Ph	1.0 - 5.0 pH	50
1.16898	Ph	7.0 - 10.0 pH	50
1.16895	Ph	9.0 - 13.0 pH	50
1.17945	Potasio	1.0 - 25 mg/L K	100
1.16992	Potasio	0.25 - 1.2 mg/L K	50
1.16121	Peroxidasa	5 - 200 U/l de lactoperoxidasa	50
1.16974	Peróxido	0.2 - 20 mg/L $\text{H}_2\text{O}_2$	50
1.16731	Peróxido	100 - 1000 mg/L $\text{H}_2\text{O}_2$	50
1.16980	Plata	0.2 - 5 g/l Ag	50
1.16999	Plomo	20 - 200 mg/L de Pb	50
1.16987	Sulfito	10 - 200 mg/L $\text{SO}_3^{2-}$	50
1.16722	Sulfito	10 - 200 (en vino blanco) mg/L $\text{SO}_3^{2-}$	50
1.16120	Urea	50 - 500 mg/L $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$	50
1.16970	Rqflex Fotómetro		
1.16955	Rqflex Plus Fotómetro		

#### 4.2.2 Spectroquant®

El sistema Spectroquant® Es ideal para el análisis de aguas y aguas de desagüe. La línea de los nuevos fotómetros NOVA 30, NOVA 60 y NOVA 400 de Spectroquant, asegura máxima exactitud, comparada con los métodos standard de laboratorio, un completo rango de pruebas, un amplio rango de accesorios, productos para el pretratamiento de muestras, un ingenioso concepto de control de calidad, y más de 200 aplicaciones personalizadas. La alta sensibilidad del sistema Spectroquant® permite el análisis preciso de aguas de bebida.

La gran mayoría de los kits de la línea de Spectroquant, tienen los procedimientos análogos a las normas internacionales como DIN, ISO, APHA, EPA y esto se puede documentar en los insertos proporcionados por Merck Alemania.

Los equipos Spectroquant NOVA son fotómetros de filtros con técnica de arreglo de diodos, sin partes móviles lo cual lo hace muy robusto, una moderna electrónica soporta la óptica, vienen con batería recargable. A continuación veremos las características de uno de ellos, el NOVA 60:

- Función de autoselección, todos los kits analíticos tienen un código de barra el cual es leído por el fotómetro cuando la celda es insertada. El fotómetro reconoce automáticamente el método y muestra el valor de medición en la pantalla, no se necesitan ajustes manuales.
- El aseguramiento de la calidad está ganando creciente importancia en el análisis de agua, se puede cumplir los requerimientos del futuro ahora, este fotómetro brinda el soporte necesario para trabajar con el aseguramiento de la calidad (AQA) y proporciona la documentación necesaria a sus resultados de acuerdo con las buenas prácticas del laboratorio (GLP).

- Corrección automática de turbidez, las soluciones turbias pueden causar errores en las medidas, la tecnología de arreglo de diodos nos permite realizar mediciones simultaneas a diferentes longitudes de ondas; la turbidez la cual depende de la longitud de onda, puede ser medida simultáneamente y corregida.
- Reconocimiento automático de celda, estos fotómetros tienen reconocimiento automático de celdas rectangulares, el instrumento reconoce automáticamente la longitud del paso de la celda insertada y calcula inmediatamente la concentración correcta, evitando errores debido a la incorrecta elección de celdas.

En la figura N° 12 se muestra el sistema de análisis móvil de Spectroquant®.

**Figura N° 12**

Sistema de Análisis Spectroquant



La presentación de la relación de productos que nos ofrece Merck, en el sistema Spectroquant®, se muestra a continuación:

SPECTROQUANT : Método cuantitativo, fotómetro			
Código	Parámetro	Rango (mg/L)	Núm de pruebas
1.14965	Alcohol	0.4 - 5 g/l de alcohol	25
1.14825	Aluminio	0.02 - 1.2 mg/L Al	350
1.14739	Amonio	0.01 - 2.58 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25
1.14558	Amonio	0.26 - 10.3 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25
1.14544	Amonio	0.6 - 20.6 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25
1.14559	Amonio	5.1 - 103 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25
1.14752	Amonio	0.01 - 3.86 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	500
1.00683	Amonio	2.6 - 193 mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	96
1.00826	Boro	0.05 - 2 mg/L B	25
1.14839	Boro	0.05 - 0.8 mg/L B	60
1.00605	Bromo	0.02 - 7.5 mg/L Br <sub>2</sub>	150
1.14834	Cadmio	0.025 - 1 mg/L Cd	25
1.00858	Calcio	10 - 250 mg/L Ca	25
1.14815	Calcio	5 - 160 mg/L Ca	90
1.14561	Cianuro	0.01 - 0.5 mg/L CN <sup>-</sup>	25
1.14800	Cianuro	0.002 - 0.500 mg/L CN <sup>-</sup>	200
1.09701	Cianuro	0.002 - 0.5 mg/L CN <sup>-</sup>	100
1.00595	Cloro Libre	0.05 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	150
1.00598.0002	Cloro Libre	0.01 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	150
1.00598.0001	Cloro Libre	0.01 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	1050
1.00602	Cloro Total	0.01 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	150
1.00597	Cloro Libre Y Total	0.05 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	150
1.00599	Cloro Libre Y Total	0.01 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	150

1.14828		0.01 - 7.5 mg/L Cl <sub>2</sub>	800
1.14730	Cloruro	5 - 125 mg/L Cl <sup>-</sup>	25
1.14755	Cloruro	1.0 - 150.0 mg/L Cl <sup>-</sup>	150
1.14897	Cloruro	2.5 - 250 mg/L Cl <sup>-</sup>	50
1.14553	Cobre	0.05 - 8 mg/L Cu	25
1.14767	Cobre	0.02 - 6 mg/L Cu	200
1.14552	Cromato	0.11 - 4.46 mg/L CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25
1.14758	Cromato	0.022 - 6.69 mg/L CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	650
1.14552	Cromo	0.05 - 2 mg/L Cr	25
1.14758	Cromo	0.01 - 3 mg/L Cr	650
1.14560	DQO	4 - 40 DQO	25
1.14540	DQO	10 - 150 DQO	25
1.14895	DQO	15 - 300 DQO	25
1.14690	DQO	50 - 500 DQO	25
1.14541	DQO	25 - 1500 DQO	25
1.14691	DQO	300 - 3500 DQO	25
1.14555	DQO	500 - 10000 DQO	25
1.09772	DQO	10 - 150 DQO (free Hg)	25
1.09773	DQO	100 - 1500 DQO (free Hg)	25
1.00687	Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO)	0.5 - 3000 DBO	50
1.14732	Dióxido De Cloro	0.02 - 5 mg/L ClO <sub>2</sub>	50
1.00608		0.02 - 7.5 mg/L ClO <sub>2</sub>	150
1.14565	Dureza <sup>1</sup> Total	0.7 - 21°d = 12,5 - 374 mg/L CaCO <sub>3</sub>	25
1.14622	Estaño	0.1 - 2.5 mg/L Sn	25
1.14551	Fenol	0.1 - 2.5 mg/L fenol	25
1.14557	Fluoruro	0.1 - 1.5 mg/L F <sup>-</sup>	25

1.14598	Fluoruro	0.025 - 0.5 mg/L F <sup>-</sup>	100
1.14500	Formaldehído	0.1 - 8 mg/L HCHO	25
1.14678	Formaldehído	0.02 - 8 mg/L HCHO	100
1.14543	Fosfato	0.2 - 15.3 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	25
1.14729	Fosfato	1.5 - 76.7 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	25
1.00616	Fosfato	9 - 307 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	25
1.14848	Fosfato	0.03 - 15.3 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	420
1.00798	Fosfato	3 - 307 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	100
1.14546	Fosfato	1.5 - 76.7 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	25
1.14842	Fosfato	1.5 - 92 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	400
1.09711	Hidrazina	0.005 - 2 mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	80
1.14549	Hierro	0.05 - 4 mg/L Fe	25
1.14896	Hierro	1 - 50 mg/L Fe	25
1.14761	Hierro	0.005 - 5 mg/L Fe	1000
1.14684	Magnesio	5 - 50 mg/L Mg	25
1.00815	Magnesio	5 - 75 mg/L Mg	25
1.14770	Manganeso	0.01 - 10 mg/L Mn	450
1.00860	Molibdeno	0.02 - 1 mg/L Mo	25
1.14554	Níquel	0.1 - 6 mg/L Ni	25
1.14785	Níquel	0.02 - 5 mg/L Ni	960
1.14542	Nitrato	2.2 - 79.7 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25
1.14563	Nitrato	2.2 - 110.7 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25
1.14764	Nitrato	4 - 221 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25
1.00614	Nitrato	102 - 996 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25
1.14773	Nitrato	0.9 - 88.5 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	90
1.09713	Nitrato	0.45 - 110.7 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	90
1.14556	Nitrato	0.4 - 13.3 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25
1.14942	Nitrato	0.9 - 75.3 mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50
1.14547	Nitrito	0.03 - 2.3 mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	25
1.14776	Nitrito	0.016 - 3.29 mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	400

1.00613	Nitrog. Total	0.5 - 15 mg/L N	25
1.14537	Nitrog. Total	0.5 - 15 mg/L N	25
1.14763	Nitrog. Total	10 - 150 mg/L N	25
1.14821	Oro	0.5 - 12 mg/L Au	80
1.14694	Oxigeno	0.5 - 12 mg/L O <sub>2</sub>	25
1.14732	Ozono	0.01 - 5 mg/L O <sub>3</sub>	50
1.00607	Ozono	0.01 - 7.5 mg/L O <sub>3</sub>	150
1.00615	Potasio	30 - 300 mg/L K	25
1.14562	Potasio	5 - 50 mg/L K	25
1.14731	Peróxido	2 - 20 mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	25
1.14831	Plata	0.25 - 3 mg/L Ag	100
1.14833	Plomo	0.1 - 5 mg/L Pb	25
1.09717	Plomo	0.01 - 5 mg/L Pb	50
1.14794	Silicio	0.03 - 8.0 mg/L Si	300
1.14548	Sulfato	5 - 250 mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25
1.00617	Sulfato	50 - 500 mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25
1.14564	Sulfato	100 - 1000 mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25
1.14791	Sulfato	25 - 300 mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	90
1.14394	Sulfito	1 - 20 mg/L SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	25
1.14779	Sulfuro	0.02 - 1.5 mg/L S <sup>2-</sup>	420
1.14697	Tensoactivo	0.05 - 2 mg/L MBAS	25
1.00606	Yodo	0.02 - 7.5 mg/L I <sub>2</sub>	150
1.14566	Zinc	0.2 - 5 mg/L Zn	25
1.14832	Zinc	0.05 - 2.5 mg/L Zn	90
1.06146	Zinc	Repuesto para 1.14832: Reactivo 6	180
1.16970	Fotómetro Nova 60		

### 4.3 Indicadores del pH

Merck ofrece una amplia gama de productos para la medida del pH.

Los papeles indicadores del pH se presentan en rollos y en cuadernillos, debido a su favorable precio se utilizan para sencillas determinaciones del pH.

Los papeles indicadores que no destiñen, contienen el colorante ligado covalentemente a la varilla, de esta forma el colorante esta fuertemente unido y no se disuelve del papel.

En la figura N° 13 se muestra los papeles indicadores de pH, que pueden venir en varillas , rollos o cuadernillos.

**Figura N° 13**

Productos para la medida de pH



La presentación de la relación de productos que nos ofrece Merck, para la lectura del pH, se muestra a continuación:

<b>Medidores de Ph</b>			
Código	Descripción	Rango lectura	Presentación
109486	Papel Tornasol Azul		Rollo
109489	Papel Tornasol Rojo		Rollo
109560	pH Papel Indicador ACILIT	De 0.5 a 5.0, (0.5)	Rollo
109562	pH Papel Indicador ALKAÑIT	De 9.5 a 13.0, (0.5)	Rollo
109525	pH Papel Indicador UNIVERSAL	De 1.0 a 10.0, (1.0)	Varillas
110962	pH Papel Indicador UNIVERSAL	De 1.0 a 14.0, (1.0)	Rollo
109531	pH Papel Indicador ACILIT	De 0.0 a 6.0, (0.5)	Varillas
109532	pH Papel Indicador ALKAÑIT	De 7.5 a 14.0, (0.5)	Varillas
109542	pH Papel Indicador ESPECIAL	De 4.0 a 7.0, (0.3)	Varillas
109543	pH Papel Indicador ESPECIAL	De 6.5 a 10.0, (0.3)	Varillas
109533	pH Papel Indicador NEUTRALIT	De 5.0 a 10.0, (0.5)	Varillas
109535	pH Papel Indicador INIVERSAL	De 1.0 a 14.0, (1.0)	Varillas

#### **4.4 Aseguramiento de la calidad analítica**

El sistema fotométrico Spectroquant nos proporciona un aseguramiento de la calidad analítica, el objetivo del análisis debe ser determinar el contenido verdadero de los analitos a medir, de forma más exacta y precisa posible.

Los fotómetros y kits de ensayo fotométricos Spectroquant, poseen especificaciones que son observados y documentados por el fabricante, debido a ello se proporciona un "Certificado de Garantía" para el fotómetro y un "Certificado de Lote" para los Kits de ensayo, como se puede apreciar en los apéndices A y B, respectivamente.

Como Merck es un proveedor certificado, los Certificados de Lote pueden usarse como documento, los clientes no necesitan chequear el kit, de este modo si el certificado esta disponible se cumplen con las siguientes normas:

ISO 14001- 4.5.1 + 4.5.3

ISO 9001- 4.10 + 4.11

EPA.

Otro documento disponible es el “Certificado de Calidad del Método”, para todos los kits fotometricos de Spectroquant(ver apéndice C), estos certificados dan una clara información acerca de la calidad de los lotes, cumpliendo de esta forma con los requerimientos de calidad de los organismos certificadores. Estos certificados de calidad son actualizados una vez por año, y cumplen con las normas ATP, para aguas residuales en Alemania y las normas M704 de ATV.

Control del Fotómetro, cuando el equipo es prendido, el fotómetro hace un autochequeo, el equipo chequea los siguientes paso:

- Sistema Optico: lampara, sistema de lectura de códigos de barras, diodos, identificador automático de cubetas y filtros.
- Sistema Electrónico, chequea todos los componentes electrónicos.
- Chequeo del sistema completo, contra el aire y compara el resultado con la tolerancia almacenada.

Para controlar os Fotómetros Nova usamos el PhotoCheck, que son soluciones estables, que pueden medir la linealidad de 3 filtros. Las soluciones PhotoCheck están chequeadas por un Espectrofotometro de referencia (Estándar Primario) controlada por estándares NIST, por consiguiente el Photocheck es un standard secundario

La solución Photocheck es la única prueba disponible en la que los clientes pueden hacer un control del hardware, respecto a ISO 14001 o ISI 9001.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Dar una posibilidad de análisis de los efluentes industriales, para el control de los parámetros que contaminan el medio ambiente, mediante la Analítica Móvil que ofrece Merck, con test listo para su uso, destacando su rapidez, facilidad de uso, reproductividad, confiabilidad y economía.
2. Muchas de los sectores industriales que tienen representatividad en nuestro país como el textil y plástico, no tienen normado sus límites máximos permisibles de sus parámetros contaminantes en sus efluentes, y para sus actividades productivas se rigen en el Reglamento de Desagües industriales, que data del año 1960.
3. El estado debería hacer estudios técnicos actualizados, monitoreando los diversos tipos de efluentes industriales, a fin de reglamentar los límites máximos permisibles de sus parámetros contaminantes de acuerdo a cada una de sus actividades industriales.
4. Con la Analítica Móvil de Merck se puede analizar muchos de los parámetros de los efluentes industriales que contaminan el medio ambiente cuyo control esta reglamentado por el estado.
5. Los parámetros que deben controlarse principalmente en las industrias seleccionadas en el presente trabajo, deben ser:
  - En la Industria Minera: pH, plomo cobre, cinc, fierro, arsénico y cianuro.
  - En la Industria Petrolera: pH, cloruros, bario y plomo.
  - En la Industria Cervecera: pH, DBO<sub>5</sub> y DQO.
  - En la Industria Pesquera: pH y DBO<sub>5</sub>.
  - En la Industria Cementera: pH.

- En la Industria del Papel: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sulfuros, Cromo IV, y amonio.
6. La gran mayoría de los kits de la línea de Spectroquant, tienen los procedimientos análogos a las normas internacionales como DIN, International Organization for Standardization (ISO), APHA, EPA y Standard Methods (US), pudiendose documentar por medio de los insertos proporcionados por Merck Alemania, por lo que los análisis realizados con estos kits, son validos para laboratorios certificados.
7. Con el sistema Spectroquant conformado por el fotómetro y los kits analíticos podemos contar con un sistema de aseguramiento de la calidad analítica (Aseguration Quality Analisis), teniendo disponibles documentos como:
- Certificado de garantía para el fotómetro
  - Certificado de Calidad del método para los kits de Spectroquant
  - Certificado de lote para todos los kits fotometricos

## VI. BIBLIOGRAFIA.

Baden, Wolfgang “Reactivos productos químicos 2002”, Darmstadt Merck KgaA, Alemania 2002.

Conesa Fdez-Vitora, Vicente “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental”, Editorial Mundi-Prensa, Madrid 1997.

Crites, Ron y Tchobanoglous, George “Tratamiento de Aguas residuales en pequeñas poblaciones, Editorial MacGraw Hill Interamericana, Bogotá 2000.

Lapeña, Rigola, Miguel “Tratamiento de Aguas Industriales”, Editorial Marcombo, Barcelona 1989.

Metcalf & Eddy, “Ingeniería de Aguas Industriales”, Editorial Mac Graw Hill, Madrid 1995.

Ministerio de Energía y Minas – República del Perú, “Compendio de Normas Ambientales para Actividades Minero Energéticas”, Dirección General de Asuntos Ambientales, Perú 1997.

Ramalho, R. S. “Tratamiento de Aguas Residuales”, Editorial Reverte S.A, México 2000.

Internet Ministerio de la Producción, “Límites máximos permisibles para las industrial manufactureras”, [www.produce.gob.pe](http://www.produce.gob.pe).

Internet,

Ministerio de Energía y Minas, “Protocolo de Monitoreo de los efluentes minero-metalurgico”, [www.men.gob.pe](http://www.men.gob.pe)

### Apéndice A

Certificado de Garantía del Fotómetro Spectroquant NOVA 60

<b>Endprüfungsprotokoll / Record of final inspection</b>		
<b>Photometer / photometer:</b> SQ NOVA 60	<b>Series-Nr. / Serial No.:</b> 999999	
<b>Transponderfunktion / function of transponder:</b> Korrektes Einlesen eines Testdatensatzes / correct reading of test data set <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
<b>Selbsttest / Self Check:</b> Signalabgleich ohne Küvette / signal adjustment without cell <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
<b>LS-Check / LS-Check:</b> Korrekte Erkennung von Test-Barcodes / correct identification of test barcodes <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
<b>Nullabgleich / Zero adjustment:</b> Bei allen Filterpositionen Abgleich auf $E=0$ mit deionisiertem Wasser als Messlösung / at all filter positions adjustment to $A=0$ using deionized water as measurement solution <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
<b>Rundküvette / round cell</b> Rechteckküvetten / rectangular cells <span style="float: right;">10mm (o.k.)    20mm (o.k.)    30mm (o.k.)</span>		
<b>Photometrische Richtigkeit / photometrical accuracy:</b> Extinktion einer Testlösung in Rundküvette / absorbance of test solution in round cell		
<b>Wellenlänge / wavelength (nm):</b> 601	<b>Sollwert (S) / nominal value (A):</b>	
<b>Toleranz (T) / tolerance (A):</b> $\pm 0.020$	<b>Messwert (M) / measured value (A):</b> <span style="float: right;">(o.k.)</span>	
<b>Linearität / Linearity:</b> Ergebnisdaten von 2 Filtern in separater (E1, E2) und kombinierter Anordnung (E12) / absorbance data of 2 plain filters in separate (E1, E2) and combined configuration (E12)		
<b>Messwerte (E) / Measured values (A) (+/-SD):</b> E1 =	E2 =	E12 =
<b>Anforderung / requirement:</b> $-0.020 \leq (E1 + E2 - E12) \leq +0.020$ <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
<b>Sicherheit nach IEC 6010 / safety according to IEC 1030:</b>		
- Elektrische Sicherheitsprüfung / electrical safety test <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
- Keine visuellen Mängel, keine Cracks, keine losen Teile und Befestigungen / no visual flaws, no burrs, no loose parts and fastenings <span style="float: right;">(o.k.)</span>		
<b>Freigabe / release</b>	<b>Datum / Date:</b> 1.12.97	
	<b>Prüfer / inspector:</b> 	
<small>Bitte verwahren Sie dieses Dokument sorgfältig / Please add this document to your files</small>		

**Apéndice B**

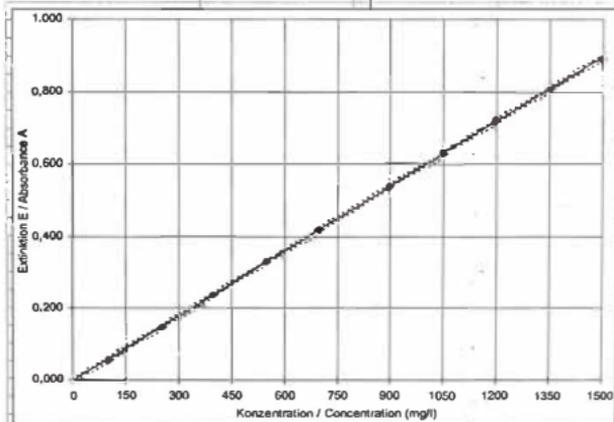
Certificado de Lote para Test de Demanda Química de Oxígeno

**Chargenzertifikat SQ CSB-Küvettest  
Lot Certificate SQ COD Cell Test**

		Kalibrierung nach DIN 38402 A51 Calibration acc. DIN 38402 A51 n = 10	
Art.Nr. / Cat.No.	1.14541.0001	Konz. / Conc. mg/l	Extinktion / Absorbance
Meßbereich Measuring Range	100 - 1500 mg/l CSB/COD	100	0,055
Charge / Lot	80313750	250	0,146
Verwendbarkeit / Expiry Date	09/01	400	0,236
Standard	Biphthalat 1.02400	550	0,329
Photometer	Referenz/Reference	700	0,417
Wellenlänge / Wavelength	605 nm	900	0,535
Küvette / Cell	16 mm rund/round	1050	0,630
Bearbeiter / Operator	Müller	1200	0,721
Datum / Date	02.09.98	1350	0,807
Datei / File	14541	1500	0,892

**Kalibrierfunktion / Calibration Function**

	Sollwert Target Value	Chargenwert Lot Value	
Steigung / Slope	0,000580 ± 0,000023	0,000600	✓
Ordinatenabschnitt / Ordinate Segment		-0,003	
Reagenzienblindwert / Reagent Blank	0,010 ± 0,020	-0,007	✓
Vertrauensbereich / Confidence Interval (P=95%)	± 20 mg/l	± 11 mg/l	
Verfahrensstandardabweichung / Standard Deviation of Procedure		± 4,7 mg/l	
Verfahrensvariationskoeffizient / Coefficient of Variation of Procedure	± 2,5 %	± 0,6 %	✓



**Apéndice C**

Certificado de Calidad para los Kit de Demanda Química de Oxígeno

**Certificate of Quality****Applicability of Spectroquant® Test Kits for Self-Monitoring.**

Test characteristic methodological data of

**Spectroquant® COD Cell Test Cat. No. 1.14541**

The data were determined in accordance with DIN 38402 A51 "Calibration of analysis methods" during the lot control process.

**Measuring range** 100 - 1500 mg/l COD**Confidence interval (P = 95 %)**Average value of lots  $\pm 13$  mg/l COD**Standard deviation of procedure**Average value of lots  $\pm 5.2$  mg/l COD**Variation coefficient of procedure**Average value of lots  $\pm 0.65$  %

Number of lots for calculation 11

Merck KGaA, Darmstadt 19.02.1999



Dr. Jutta Köthe

**Merck KGaA 64271 Darmstadt**

**Apéndice D**

Verificación para realizar el Certificado de Lote

