

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



**“ IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES PARA UNA PLANTA CERVECERA ”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN  
DE CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR:  
GUSTAVO YAKABI MIGUITA**

**LIMA – PERÚ**

**2004**

**DEDICATORIA:**

A mi madre Peta por su esfuerzo y abnegación.

A mi esposa Aida por su amor y apoyo incondicional.

A mis hijas Erika y Katuska por regalarnos su alegría y su sonrisa todos los días.

A Dios por concedernos el milagro de la vida.

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia está basado en la descripción del proceso de una industria cervecera en Lima . En la descripción se detalla los diferentes procesos para elaborar la cerveza; desde la recepción de la materia prima (malta y maíz), elaboración del mosto, fermentación, reposo, filtración y envasado hasta obtener el producto final, cerveza en botella.

Sin embargo en todos estos procesos se genera residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas.

A fin de cumplir con los requerimientos actuales de parámetros emitidos por el Ministerio de la Producción (Ex –MITINCI) para las descargas de aguas residuales, las industrias incluyendo las cerveceras se están adecuando a las normas realizando tratamientos preliminares.

Las aguas residuales de las cervecerías se componen de los siguientes efluentes parciales provenientes de:

Elaboración del mosto, Fermentación, Almacenamiento / maduración, Filtración, Envasado, etc.

Para cumplir con los parámetros dados por el Ministerio de la Producción se han optimizado diferentes procesos a fin de reducir las descargas con alto DQO (Demanda Química de Oxígeno) . Actualmente sólo se realiza una neutralización del efluente final, mediante adición de ácido clorhídrico en un tanque de equalización.

Los valores de DQO se encuentran entre 1 600 hasta 4 000 mg/L. Los contenidos de nitrógeno consisten en su mayor parte de nitrógeno orgánico (proteínas, levaduras) y solo parcialmente nitratos (sal nítrico,  $\text{NaNO}_3$  ).

Se propone colocar un sistema de tratamiento de aguas residuales, de modo tal que permita disminuir entre 70 a 90% de la carga de DQO antes de ser descargado al alcantarillado municipal, teniendo en cuenta la viabilidad del sistema por ser área urbana/industrial y restricción del área física dentro de la Planta Cervecera.

El tratamiento anaeróbico preliminar de aguas residuales han dado buen resultado desde hace más de una década a nivel mundial. En términos de ingeniería de procesos, toman varios pasos de pretratamiento antes y después del reactor anaeróbico. Son usados varios sistemas para separar contaminantes gruesos y finos así como para separar lodos. En la industria cervecera y bebidas, el tipo UASB de metano, es principalmente usado en el pretratamiento anaerobio. El reactor llamado “Manto de Lodo de Flujo Ascendente” es un reactor de alta capacidad con un lecho de lodo a través del cual fluye el agua residual que es mantenida en suspensión por el agua residual y el biogás producido. Los reactores UASB permiten la separación de las tres fases, agua-lodo-gas, en el mismo reactor, dispensando la necesidad de separar y regresar el lodo adicional. Este proceso permite una capacidad de tratamiento alrededor de 88% de la degradación del DQO y DBO después del paso anaeróbico antes de ser descargado a los cuerpos de agua.

## INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: Ubicación y Localización	2
CAPITULO II: Descripción del Entorno	4
2.1 Condiciones ambientales y Socio-Económicas	4
2.2 Hidrología	4
2.3 Zona de vida	5
2.4 Flora y Fauna	6
CAPITULO III: Descripción del Proceso Cervecerero	7
3.1 Materias primas utilizados en cervecería	7
3.1.1. El Agua Cervecera	7
3.1.2. La Malta	8
3.1.3. Los Sucedáneos Cerveceros	9
3.1.4. El Lúpulo	9
3.1.5. La Levadura	11
3.2 Descripción del Proceso de Fabricación de la cerveza	13
3.2.1. Historia de la cerveza	13
3.2.2. Clasificación de las cervezas	13
3.2.3. Recepción y Acondicionamiento de la Malta y Adjuntos Cerveceros	14
3.2.4. Proceso de Elaboración	15
3.2.4.1 Molienda	15
3.2.4.2 Preparación del Mosto	15
3.2.4.3 Filtración de Mosto	16
3.2.4.4 Ebullición del mosto	16
3.2.4.5 Separación de Proteínas (Trub)	16
3.2.4.6 Fermentación y Maduración	16
3.2.4.7 Filtración	17

3.2.5. Proceso de Envasado	17
3.2.5.1 Depaletizado	17
3.2.5.2 Desencajonado	17
3.2.5.3 Lavado de Botellas	18
3.2.5.4 Inspección Electrónica	18
3.2.5.5 Llenado - Tapado	18
3.2.5.6 Pasteurizado	18
3.2.5.7 Encajonado	19
CAPITULO IV: Identificación de Residuos	22
4.1 Fuentes generadoras de Residuos	22
4.2 Emisiones por Equipos o Actividades	23
4.3 Área de Influencia	23
4.4 Impactos Ambientales	24
4.6.1. Impacto al aire	24
4.6.2. Impacto de los Residuos Sólidos	24
4.6.3. Impacto del Efluente	25
4.5 Alternativas de Solución de Impactos	25
4.6 Caracterización	26
4.6.1. Efluentes Líquidos	27
4.6.2. Emisiones Gaseosas	27
4.6.3. Niveles de Ruidos	28
4.6.4. Residuos Sólidos	29
4.7 Límites Máximos Permisibles	29
4.8 Efluentes Líquidos – Tabla comparativa Internacional	31
CAPITULO V: Sistema de Tratamiento de Efluentes	32
5.1 Sistema actual	32
5.2 Sistemas de Pretratamientos Utilizados en Cervecería	33
5.2.1. Tratamiento Aerobio	33
5.2.2. Tratamiento Anaerobio	34

5.2.3. Pretratamiento con reactores UASB	34
5.2.4. Tratamiento Biotecnológico	35
Capítulo VI: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesto	37
6.1 Proceso de Tratamiento	37
6.1.1. Pretratamiento y Tratamiento Primario	37
6.2 Sistema UASB	38
6.2.1. Ventajas	39
6.2.2. Desventajas	41
6.3 Fundamento	42
6.3.1. Mecanismo de la digestión anaerobia	42
6.3.2. Factores que influyen en el tratamiento anaerobio de aguas residuales	44
6.4 Diseño del reactor UASB	48
6.4.1. Análisis de los datos de temperatura ambiente	48
6.4.2. Cálculo del volumen de reactor	49
6.4.3. Cálculo de la altura del reactor	49
6.4.4. Forma geométrica del reactor	50
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones	51
Capítulo VIII: Bibliografía	52
Capítulo IX: Anexos	54

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y la industria (incluyendo la industria cervecera), ha hecho que la disposición de las aguas residuales domésticas e industriales se haya convertido en los últimos años en un problema serio, que ha repercutido directamente en el medio ambiente, ocasionando problemas graves de contaminación, especialmente en países como el nuestro en vías de desarrollo.

Las aguas residuales son normalmente vertidas a cuerpos de agua, sin recibir un adecuado tratamiento. En la actualidad dichos cuerpos de agua, principalmente ríos han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores, relacionados principalmente con la carencia del recurso hídrico "agua".

Las plantas cerveceras están utilizando diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales con el objetivo principal el reducir algunas características indeseables o contaminantes en las fuentes receptoras y reducir los riesgos potenciales para la salud pública y el ambiente acuático, de manera tal que el uso o disposición final de estas aguas, cumpla con las normas y requisitos mínimos definidos por las autoridades sanitarias.

## CAPITULO I

### UBICACIÓN Y LOCALIZACION

La Planta Cervecera está ubicada en el distrito de Ate-Vitarte (Figura 1,2), a la altura del 3,5 km. de la Carretera Central, en la provincia de Lima del departamento de Lima (Figura 1.1). Tiene un área aproximada de 354 080 m<sup>2</sup> y se encuentra a 355 msnm. Su ubicación geográfica está determinada por las coordenadas UTM siguientes:

Este: 18 267 800 m

Norte: 8 674 030 m

El local industrial colinda por el sur y este con la Av. Separadora Industrial, por el norte con la Carretera Central, por el oeste con la Av. Industrial y por el noroeste con las instalaciones de la empresa Volvo.



Figura 1,1 Ubicación de la Planta Cervecera

Lima – Perú

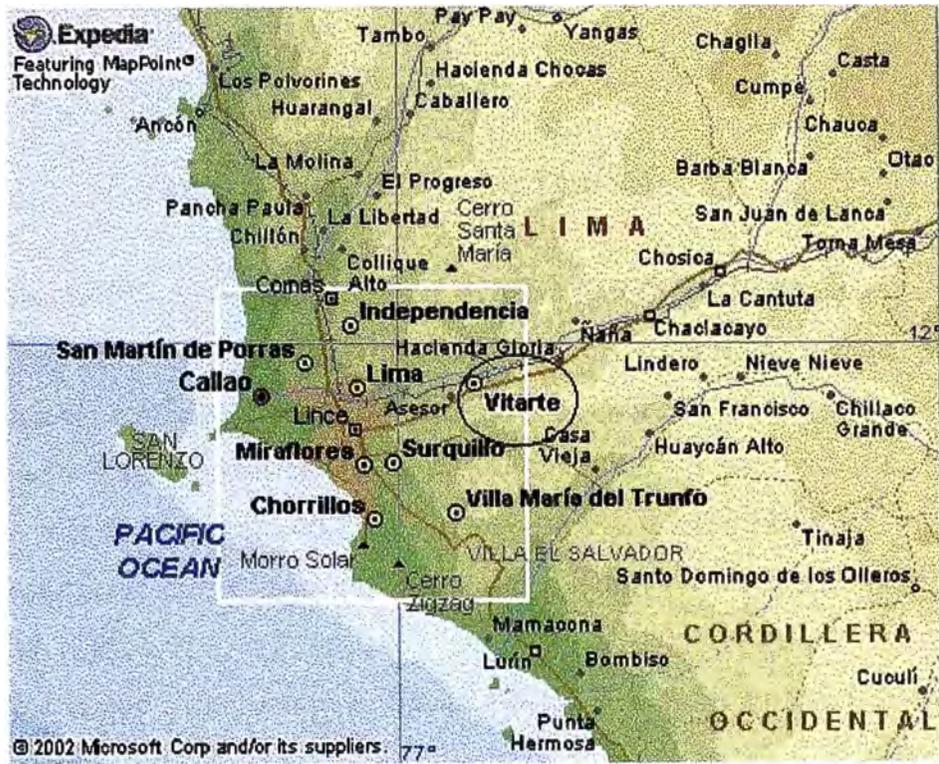


Figura 1,2 Ubicación de la Planta Cervecera  
Vitarte – Lima

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO**

#### **2.1 CONDICIONES AMBIENTALES Y SOCIO ECONOMICAS**

La temperatura promedio anual máxima es 22,2 °C y la medida mínima de 17,9 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 44 mm y el promedio mínimo es de 2,2 mm; la presión atmosférica entre 1 013 – 1 015 mbar. La humedad relativa se reporta el rango 80-88% con un promedio anual de 84,8%.

La planta cervecera se encuentra dentro de la zona de vida Desierto Desecado Subtropical (dd-S).

La zona donde se encuentra la Planta Ate es la Ecorregión del Desierto del Pacífico.

El distrito de Ate tiene una población de 284 274 habitantes. La tasa de crecimiento demográfico en el período 1 981-1 993 fue de 7,1%, la población urbana es el 100%, los pobladores menores de 15 años el 34,2%, la Población Económicamente Activa para mayores de 15 años es de 54,5% y la tasa de analfabetismo es de 5,1%.

El distrito de Ate tiene 44,7% de hogares con necesidades básicas insatisfechas, ubicándose en el puesto N° 1 643, a nivel distrital en el Perú, en cuanto a las necesidades básicas insatisfechas de su población. A mayor el número de puesto, (máximo valor 1 793), mayor será el grado de bienestar de su población y menor el grado de necesidades básicas insatisfechas.

#### **2.2 HIDROLOGÍA**

El río Rímac es el elemento hídrico más importante de la zona, el cual abastece de agua al valle del mismo nombre para cubrir las demandas de agua agrícola, energética, industrial, minera y humanas. Con recursos provenientes de las siguientes fuentes de agua: aguas superficiales de escurrimiento natural, proveniente de la cuenca húmeda del río Rímac, agua superficial de régimen regulado proveniente de las lagunas distribuidas en la cuenca alta, agua superficial de

escurrimiento natural derivado de la cuenca del río Mantaro, y agua superficial de régimen regulado, proveniente de las lagunas embalsadas en la cuenca del río Mantaro.

El río Rímac se origina de los deshielos del nevado Uco, a 5 100 m, alimentándose con lluvias en su cuenca colectora y el deshielo de nevados. La cuenca está comprendida entre los 76°05' – 79°10' O y los 11°25' – 12°10' S en el departamento de Lima, provincias de Lima y Huarochirí, limitando por el Norte con la cuenca del río Chillón, el Sur con Lurín y Mala, al Este con el río Mantaro y al Oeste con el Océano Pacífico. El área de drenaje es de 3 583 km<sup>2</sup>, representando el 61,2% del área de escurrimiento, tiene dos (2) efluentes importantes, el río San Mateo y el río Santa Eulalia, a partir de la confluencia de éstos toma el nombre de Rímac, cerca de Chosica. La parte alta tiene zona de lagunas, especialmente en Santa Eulalia, originada por reducida pendiente y la presencia de nevados.

Las descargas del río Rímac son medidas en la estación Chosica, la cual para el período 1 921 –1 996 presenta una descarga media anual de 12,6 m<sup>3</sup>/s, una mínima anual de 6,75 m<sup>3</sup>/s y una máxima de 145,69 m<sup>3</sup>/s. El movimiento de las aguas subterráneas es de NE-SW y la pendiente de la tabla de agua varía de 0,6 a 1,2%. La napa freática se encuentra a una profundidad que varía de 30 a 35 m.

### **2.3. ZONA DE VIDA**

La zona donde se encuentra la Planta Cervecera, es la Ecorregión del Desierto del Pacífico de América del Sur desde los 5° de latitud sur (norte del Perú) hasta los 27° de latitud sur (norte de Chile). El ancho del desierto varía según la altitud y la configuración de la costa, entre 20 y 100 km. El límite este en el centro del Perú está aproximadamente a los 1 000 m de altura. Hacia el este el límite lo establecen las neblinas invernales, originadas por la Corriente Peruana. Limita por el norte y noroeste con la Ecorregión del Bosque Seco Ecuatorial, por el este con la Ecorregión de la Serranía Esteparia y por el oeste con la Ecorregión del Mar Frío de la Corriente Peruana.

Desde otro punto de vista, la Planta Cervecera se encuentra dentro de la zona de vida Desierto Desechado Subtropical (dd-S). El Desierto Desechado Subtropical se ubica en la faja latitudinal subtropical del país con una superficie de 33 760 km<sup>2</sup>.

Geográficamente, se extienden a lo largo del litoral comprendiendo planicies y las partes bajas de los valles costeros, desde el nivel del mar hasta los 1 800 m de altura. El Desierto Desecado Subtropical se encuentra desde 7° 40' – 17° 13' S. Las principales localidades que se ubican en el Desierto Desecado *Subtropical* son: Trujillo, Chimbote, Casma, Huarney, Huacho, Lima, Cañete, Chincha, Pisco, Ica, Palpa, Nazca, Caravelí y Aplao entre las más importantes. Según el diagrama de Holdridge, el promedio de evapotranspiración potencial total por año para esta zona de vida, varía entre 32 y más de 64 veces el valor de la precipitación y por lo tanto se ubica en la provincia de humedad: *DESECADA*.

## 2.4 FLORA Y FAUNA

No existe vegetación o es muy escasa, apareciendo especies halófitas distribuidas en pequeñas manchas verdes dentro del extenso y monótono arenal grisáceo eólico. En los alrededores de la planta se hacen presentes algunas aves bastante comunes como “gallinazo” *Coragyps atratus*, “cernícalo” *Falco sparverius*, “palomas” *Columba fasciata*, *Zenaida auriculata*, *Zenaida asiatica*, “turtupilín” *Pyrocephalus rubinus*, “gorrión” *Zonotrichia capensis*.

## CAPITULO III

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CERVECERO

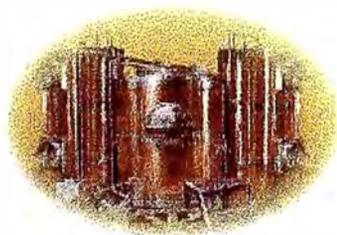
#### 3.1 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN CERVECERÍAS

##### 3.1.1. El Agua cervecera

La naturaleza del agua empleada en la fabricación de cerveza es de mucha atención y se llega a decir que el éxito de la cerveza depende del empleo adecuado del agua. El pH es el de más importancia para las reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el proceso; en todos los pasos de la fabricación hay disminución del pH y los amortiguadores minerales del agua contrarrestan en parte este cambio.

La influencia del contenido mineral del agua sobre el pH es importante durante la fabricación y algunos componentes minerales ejercen una influencia específica, influencia estabilizadora de los iones calcio sobre las amilasas. Los iones de calcio reaccionan con los fosfatos orgánicos e inorgánicos de la malta precipitando fosfatos de calcio, el resultado es la acidificación del mosto si el calcio se halla en forma de sulfato. El ión magnesio se encuentra raramente en dosis superiores a 30 mg/L. El ión potasio se encuentra raramente en gran cantidad y produce el mismo efecto pero en menor cuantía. La mayoría de los demás iones como cloruros, sulfatos, sodio y potasio no tienen otra influencia que en el sabor de la cerveza.

#### ANALISIS DE AGUA CERVECERA EN mg/L



IONES	Burton	Dortmund	Munich	Pilsen
<b>Sodio</b>	54	69	10	32
<b>Magnesio</b>	24	23	19	8
<b>Calcio</b>	352	260	80	7
<b>Nitratos</b>	18		3	
<b>Cloro</b>	16	106	1	5

### 3.1.2 La Malta

Se da este nombre a los granos germinados de cebada y cuya germinación a sido detenida en su comienzo. La malta de cebada (Figura 3,1) es la materia prima fundamental y preferida a otros cereales pues el grano esta revestido por una cáscara que protege el germen durante el malteado y evita que el grano pierda su contenido de almidón, elemento esencial en la posterior transformación durante el braceado. Además durante la filtración del mosto en la etapa de cocimiento, la cáscara sirve de lecho filtrante, facilitando de esta manera la separación del mosto de la parte sólida u orujo.

Botánicamente este cereal se encuentra dentro de las gramíneas; existiendo dos grandes especies

- La cebada de dos hileras o **HORDEUM DISTICUM**
- La cebada de seis hileras o **HORDEUM HEXASTICUM**

Siendo cerveceramente mejor la de dos hileras puesto que sus granos son más desarrollados. El grano de cebada que dará origen a la cebada es prácticamente nulo en lo que a poder enzimático se refiere, por lo que la finalidad del malteado es formar enzimas que permitan la solubilización de las materias de reserva del grano. Los granos de cebada adquieren progresivamente su poder germinativo completo, en un tiempo necesario. La primera fase del malteo viene a consistir en un remojo del grano en 40 % para que germine, pero conforme aumenta la humedad del grano este comienza a respirar siendo necesario airearlo, pues en caso contrario el grano se asfixiará. Se logra la aireación mediante el cambio del agua de remojo e inyección de aire comprimido.

Después del remojo viene la germinación, el cual está marcado por cuatro fases:

1. Absorción del agua por el embrión.
2. Activación de enzimas.
3. Desarrollo de tejidos embrionarios.
4. Ruptura de la pared del embrión por el germen.

Siendo la activación enzimática la clave de la germinación. Para detener la germinación se recurre al tostado. Durante el malteo se forman una serie de enzimas, siendo las principales

- **Amilasas.**- Desdoblan el almidón en dos: la alfa amilasa y la beta amilasa.
- **Hemicelulasas.**- Desdoblan las hemicelulosas
- **Proteolíticas.**- Están agrupadas en dos grupos, las **proteínas** que desdoblan las proteínas complejas hasta el estado de polipéptidos y péptidos, y las **péptidasas** que desdoblan los péptidos hasta el estado de aminoácidos.
- **Fitásas.**- Que desdobla la fitina en fosfatos e inositol.
- **Oxidasas.**- Son enzimas del grupo respiratorio, se distinguen tres, las verdaderas **oxidasas** que activan el oxígeno molecular, las **peroxidasas** que activan sólo el oxígeno de los peróxidos y la **catalasa** que desdobla el peróxido de hidrógeno.

### 3.1.3. Los sucedáneos cerveceros.

El empleo de sucedáneos cereales en la industria cervecera responde a varias razones. Suelen sustituir fuente de extracto más barata que la malta, pero es preciso que contenga enzimas suficientes para degradar los cereales añadidos. Si la malta suministra una cantidad excesiva de sustancias nitrogenadas, el uso de estos sucedáneos (que casi siempre poseen muy pocas sustancias nitrogenadas) reduce su concentración final en el mosto. Son numerosos los sucedáneos que, fermentados con la malta, dan cervezas que resultan más refrescantes, mejora la estabilidad del aroma de la cerveza ya envasada y prolonga, por tanto su vida útil.

Los sucedáneos más usados son las sémolas de maíz (Figura 3,3), arroz, sorgo, trigo, cebada, etc.

### 3.1.4 El lúpulo

El lúpulo es utilizado en cervecerías por su poder de amargor. El lúpulo (Figura 3.2) se encuentra en la lupulina (gránulos de color amarillo que se encuentran en la flor) siendo estos unos ácidos amargos cristalizables que confieren este poder de amargor. Estos ácidos amargos se oxidan y polimerizan

fácilmente perdiendo de esta manera su poder de amargor, estos fenómenos son acelerados por el oxígeno, temperatura, y humedad. Siendo importante que para su conservación deben ser colocados en lugares adecuados a 0 °C y donde el grado hidrométrico no pase de 70 a 75%. El amargado del mosto tiene lugar por el ingreso de determinadas sustancias amargas del lúpulo, siendo: ácidos alfa o humulona, ácidos beta o lupulona, resinas blandas alfa, resinas blandas beta, resinas duras. Siendo sus amargos relativos:

<b>Ácido alfa</b> .....	100
<b>Ácido beta</b> .....	0
<b>Resina blanda alfa</b> .....	36
<b>Resina blanda beta</b> .....	29
<b>Resina dura</b> .....	12

Asimismo, también imparte sabor el tanino de lúpulo el cual da el sabor final a la cerveza, merced a su capacidad de reacción con ciertas proteínas del mosto; el aroma característico está dado en cambio por los aceites del lúpulo los cuales son una mezcla de varios aceites con un punto de ebullición de 127 °C a 300 °C . Los ácidos alfa o humulonas consisten en una mezcla de homólogos como son la Humulona, Comulona, adhumulona, pre-humulona y posthumulona. Los ácidos alfa, tal cual no es amargo y su presencia en la cerveza es ínfima, por ebullición los ácidos a se transforman en ácidos iso-alfa que son más amargos y solubles en el mosto. La composición química del lúpulo viene a ser :



	<b>Composición Química</b>
<b>Materias Nitrogenadas</b>	17.5 %
<b>Materias No Nitrogenadas</b>	27.5 %
<b>Celulosa Bruta</b>	13.3 %
<b>Aceites Esenciales</b>	0.4 %
<b>Taninos</b>	3.0 %
<b>Extracto al Éter (Resinas)</b>	18.3 %
<b>Agua</b>	10.5 %
<b>Cenizas</b>	7.5 %

### 3.1.5 La Levadura

Para la fabricación de la cerveza se puede partir de cultivos de una sola célula (cultivo puro) para la propagación de la levadura; pero para los cerveceros la levadura se recupera después de la fermentación y se puede emplear una y varias veces durante varias generaciones. Diversas cepas de levadura tienen características diferentes e individuales de sabor. Las levaduras (Figura 3,.4) que se usan en la fabricación de cerveza se pueden clasificar como pertenecientes a una u otra de las dos especies del género *saccharomyces* :

***saccharomyces cerevisiae***

***saccharomyces uvarum***

Siendo los de fermentación alta las pertenecientes a la *cerevisiae* y a la de fermentación baja a la *uvarum*. Las demás especies se clasifican como levaduras salvajes como la *cándida*, *pichia*, *cloquera*, *pongue*, etc. pues deterioran el sabor de la cerveza. La típica levadura cervecera es oval o esférica con un diámetro de 2 a 8  $\mu\text{m}$  y una longitud de 3 a 15  $\mu\text{m}$ . La levadura contiene un promedio de 75% de agua y en los constituyentes más importantes de la sustancia seca el 90 a 95% es materia orgánica, la cual tiene un 45% de carbohidratos 5% de materias grasas y 50% de materias nitrogenadas, siendo las más importantes en las nitrogenadas las proteínas y en menos cantidad las vitaminas. Dentro de las materias inorgánicas que representan entre un 5 a 10% se encuentran fósforo, potasio, sodio, magnesio, cinc, hierro, azufre, y el contenido de materias grasas es de un 8%.

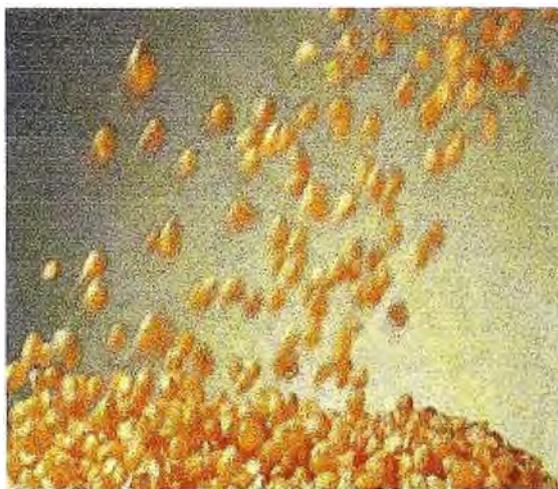
**MATERIAS PRIMAS**



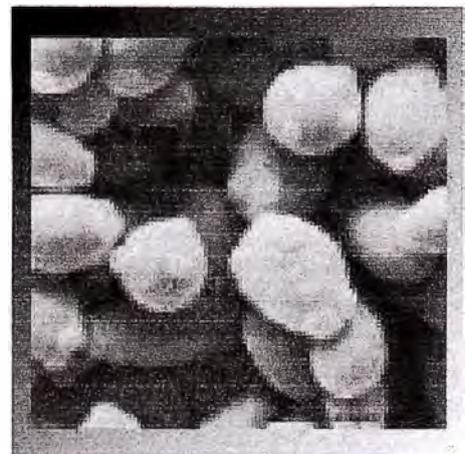
**Figura 3,1 : Malta de Cebada**



**Figura 3,2 : Lúpulo**



**Figura 3,3 : Maíz**



**Figura 3.4 : Levadura**

## **3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA CERVEZA**

### **3.2.1 Historia de la Cerveza.**

El arte de fabricar cerveza y vinos se ha ido desarrollando a lo largo de 5000 a 8000 años. Debieron producirse varios descubrimientos independientes de que exponiendo al aire jugos de frutas, o los extracto de los cereales, se obtenían bebidas fermentadas. Explicar cómo sucede la fermentación no fue posible hasta el siglo XIX, lo que no impidió de que se fueran introduciendo sucesivas mejoras en las técnicas de elaboración. Existen ilustraciones de la elaboración de la cerveza de las civilizaciones Egipcia y Babilónica, de unos 4300 años de antigüedad; durante la civilización griega y luego la romana. Las bebidas alcohólicas resultaban particularmente atractivas para aquellos individuos de vida poco placentera, en cuanto que, producían euforia alcohólica.

En la Edad Media la elaboración de la cerveza fue considerada un arte o un misterio, cuyos detalles eran celosamente guardados por los maestros cerveceros y sus gremios.

### **3.2.2 Clasificación de las cervezas**

La cerveza a partir de la cebada malteada con o sin adición de otros carbohidratos, lúpulo, agua y levadura se clasifican en:

- a) ALES: fermentadas con levaduras altas. Generalmente, las cervezas son más altas en su contenido del alcohol, más cordial, y son más oscuras que la cerveza Lager.
  - i) “Pale”, Claras: fabricadas a partir de maltas pálidas y fuertemente aromatizadas con lúpulo, habitualmente poco dulces; entre ellas se encuentran la cerveza Kolsch de Colonia.
  - ii) “Bitter”, amargas : es el término usado para las “pale ales” de barril.
  - iii) “Brown”, amargas: fabricadas con maltas que proporcionan un color intenso, generalmente más dulce y menos cargadas de lúpulos que las pálidas.
  - iv) “Mild”, suaves: habitualmente equivalentes, para la cerveza de barril, a las pardas; sin embargo, en algunas zonas de Europa se fabrican cervezas “mild” muy pálidos.

- v) “Stout” son más oscuras; algunas intensamente amargas y otras, en cambio, dulces.
  - vi) Vinos de cebada: ordinariamente muy pálidas.
- b) LAGERS: Fermentadas con levaduras bajas. Es el predominante método de fabricación a través del mundo. La cerveza lager tienden a ser más pálidas, más espumosas, más secas y menos alcohol que la cerveza Ale.
- i) “Pale”: fabricadas con malta pálida, carentes de sabor dulce y aromatizadas con lúpulo.
  - ii) “Dark” fabricadas con maltas oscuras, algunas veces ligeramente dulces y más fuertes que las pálidas.
  - iii) “Märzen, Bock” cervezas de gran fuerza fabricadas solo en ciertas épocas del año, en Europa.
- c) WEISSBIER, WEIZENBIER: fabricadas con una mezcla de cebada y centeno malteados, hirviendo el mosto sin añadirle lúpulo y fermentándolo con levaduras bajas; se suelen beber con rajas de limón o zumo de fruta.
- d) CERVEZAS NATIVAS AFRICANAS: fabricadas con sorgo malteados, o mijo malteado, a los que, en algunos casos, se añade cebada malteada; no se hierven los mostos, ni se aromatizan con lúpulo; se sirven sin clarificar y en pleno proceso fermentativo.

### 3.2.3. Recepción y Acondicionamiento de la Malta y Adjuntos Cerveceros

El proceso de elaboración de la cerveza (Figura 3.5 : Diagrama de Bloques del Proceso) se inicia con la recepción a granel de la malta y los adjuntos cerveceros en Silos de Almacenamiento. Los adjuntos o sucedáneos cerveceros utilizados pueden ser grits de maíz o arroz (maíz/arroz molido en pequeñas partículas). Para su utilización, los granos de malta y adjuntos cerveceros, son molidos hasta una granulometría específica en cantidades que dependen de los requerimientos de producción.

### **3.2.4 Proceso de Elaboración**

El proceso de la elaboración de la cerveza comprende la molienda, preparación, filtración, ebullición del mosto, separación de las proteínas, fermentación y maduración de la cerveza y filtración de la cerveza.

#### **3.2.4.1 Molienda**

La molienda consiste en destruir el grano, manteniendo la cáscara o envoltura y provocando la pulverización de la harina. La malta es comprimida entre dos cilindros pero evitando destruir la cáscara lo menos posible, pues ésta servirá de lecho filtrante en la operación de filtración del mosto; a su vez el interior del grano en una harina lo más fina posible. Estas dos condiciones, cáscara entera y harina fina no podrán respetarse si el grano no está seco (excepción molienda húmeda) y muy bien desagregado. Una tercera exigencia es un buen calibrado de la malta. La molienda debe ser también regulada según el cocimiento; si se utiliza un alto porcentaje de granos crudos o adjuntos es necesario moler groseramente. Sí para la filtración del mosto se utiliza un filtro prensa en lugar de una cuba-filtro o de falso fondo se puede moler más fino pues en el filtro prensa el espesor de la capa filtrante de orujo o afrecho es mucho más delgada.

#### **3.2.4.2 Preparación del Mosto**

Los insumos molidos son macerados, cada uno a condiciones específicas, de la siguiente manera:

- a. En el Cocedor de Adjuntos se cocinan los adjuntos o sucedáneos cerveceros mezclados con una porción menor de malta. La malta proporciona las enzimas necesarias para la hidrolización de los almidones de los adjuntos.
- b. Paralelamente en la Mezcladora se cocina la malta, produciéndose el desdoblamiento de sus proteínas complejas en proteínas más sencillas y aminoácidos.
- c. Finalmente, el contenido del Cocedor de Adjuntos es bombeado a la Mezcladora, donde al combinarse con la malta se obtienen los azúcares

(maltosa y dextrinas) necesarios para la etapa posterior de fermentación. A esta solución se le denomina Mosto.

#### **3.2.4.3 Filtración de Mosto**

Después de la sacarificación, el mosto se transfiere a una Cuba Filtro para la separación de la pulpa de la malta y el maíz o arroz (afrecho). El afrecho es almacenado en un Silo para su posterior comercialización como alimento para animales.

#### **3.2.4.4 Ebullición del Mosto**

El Mosto filtrado es bombeado a la Paila de Ebullición donde, por evaporación, se logra aumentar su concentración. Es aquí donde también se le adiciona el lúpulo, materia prima que proporciona el aroma, sabor y amargor característico del producto final.

En esta paila ocurre la inactivación de las enzimas, la coagulación de las materias nitrogenadas (proteínas) y la esterilización del Mosto.

#### **3.2.4.5 Separación de Proteínas (Trub)**

El mosto hervido es enviado a un tanque cilíndrico con la base ligeramente cónica denominado Whirlpool o Rota-Pool, donde al ingresar tangencialmente a gran velocidad, se produce la precipitación / decantación de las proteínas coaguladas. Este residuo, llamado "TRUB espeso" es enviado al Silo de Afrecho.

#### **3.2.4.6 Fermentación y Maduración**

Del Tanque Whirlpool, el mosto se bombea hacia los Tanques de Fermentación, previo enfriamiento entre 6 a 10 °C, e inyección de levadura cervecera y aire estéril (con el objeto de oxigenarlo). Así se inician a los Procesos de Fermentación y Maduración. El Proceso de Fermentación dura entre 6 a 9 días, y se divide en 2 fases:

- Primera Fermentación: Reproducción de la levadura (fase aeróbica), donde la levadura aumenta de 2 a 6 veces.

- Segunda Fermentación propiamente dicha (fase anaeróbica).

Siendo la Fermentación una reacción exotérmica, la temperatura en los tanques se controla rigurosamente.

Durante el Proceso de Fermentación la levadura transforma los azúcares en dióxido de carbono y alcohol. El exceso de dióxido de carbono se recupera y purifica para su posterior uso en el envasado de la cerveza en botella, lata o barril.

Durante la Fermentación la levadura se deposita gradualmente en el fondo del tanque, de donde es retirada y almacenada para ser reutilizada en una próxima inyección. Al final de la etapa de Fermentación, la solución se denomina cerveza.

A continuación, empieza el Proceso de Maduración de la cerveza, que dura entre 2 a 8 semanas, la cual es realizada a temperaturas cercanas a 0°C. Esta última etapa también es conocida como Reposo.

Luego de varios usos la levadura es desechada.

#### **3.2.4.7 Filtración**

Después de la maduración la cerveza se pasa por un Proceso de Filtración a través de filtros de hojas verticales, usando como ayuda filtrante tierra diatomácea. En los filtros quedan retenidas partículas muy finas de levadura y otras sustancias nitrogenadas e insolubles. La cerveza filtrada es almacenado en Tanques de Gobierno, y está lista para iniciar el Proceso de Envasado.

### **3.2.5 Proceso de Envasado**

#### **3.2.5.1 Depaletizado**

Diseñada para separar las pilas de cajas y ponerlas una por una en la banda transportadora para enviarlas a la máquina desencajadora.

#### **3.2.5.2 Desencajonado**

Maquina automatizada que extrae las botellas de la caja devuelta de los lugares de expendio.

### **3.2.5.3 Lavado de botellas**

En este equipo los envases son sometidas a procesos de lavado por inmersión e inyección de soda cáustica (en diferentes concentraciones y temperaturas), y los correspondientes enjuagues con agua, para obtener como resultado del proceso una botella en condiciones asépticas. Estas botellas abandonan la lavadora perfectamente limpias, microbiológicamente aptas para ser llenadas a temperatura ambiente.

### **3.2.5.4 Inspección Electrónica**

A la salida del proceso de lavado, las botellas son examinadas en Inspectores Electrónicos, los cuales rechazan todas aquellas botellas que puedan tener algún defecto o cuerpos extraños dentro, impidiendo que cualquier botella en mal estado sean incorporadas al proceso.

### **3.2.5.5 Llenado – Tapado**

Luego de pasar por el inspector de botellas vacías, los envases entran a la llenadora, maquinaria giratoria que envasa la cerveza a una temperatura de 1°C y de acuerdo con el nivel indicado en cada presentación. Esto se realiza previa minimización del contenido de oxígeno en los envases. Seguidamente, se llenan las botellas a una velocidad de 500 botellas por minuto bajo contrapresión de gas carbónico, altamente compatible con la cerveza. De inmediato, los envases pasan a la tapadora, donde son cerrados herméticamente.

### **3.2.5.6 Pasteurizado**

Luego de verificar el correcto tapado y nivel de líquido en el inspector de botellas llenas, y antes de abandonar las líneas, los envases son sometidos a un proceso de pasteurización (Es un procedimiento u operación térmica con la cual se logra garantizar la calidad biológica a través del tiempo, sin alterar la composición del producto. Se mide en Unidades de Pasteurización (U.P.), por medio de un equipo llamado Pasteurizador. Es un equipo de gran tamaño, por

dentro del cual pasa la botella, durante 45 minutos. Internamente se ubican ocho sectores, en todos los cuales existen lluvias de agua caliente, pasando de los 30°C en su ingreso, hasta 62°C en la cuarta y quinta cámaras para finalmente descender a la temperatura original) para proporcionarle al consumidor no solamente una cerveza brillante y exquisita, sino también un producto que se encuentre microbiológicamente estable. Los envases salen de la pas-teurización a temperatura ambiente listos para ser distribuidos a todas las regiones del país y del exterior.

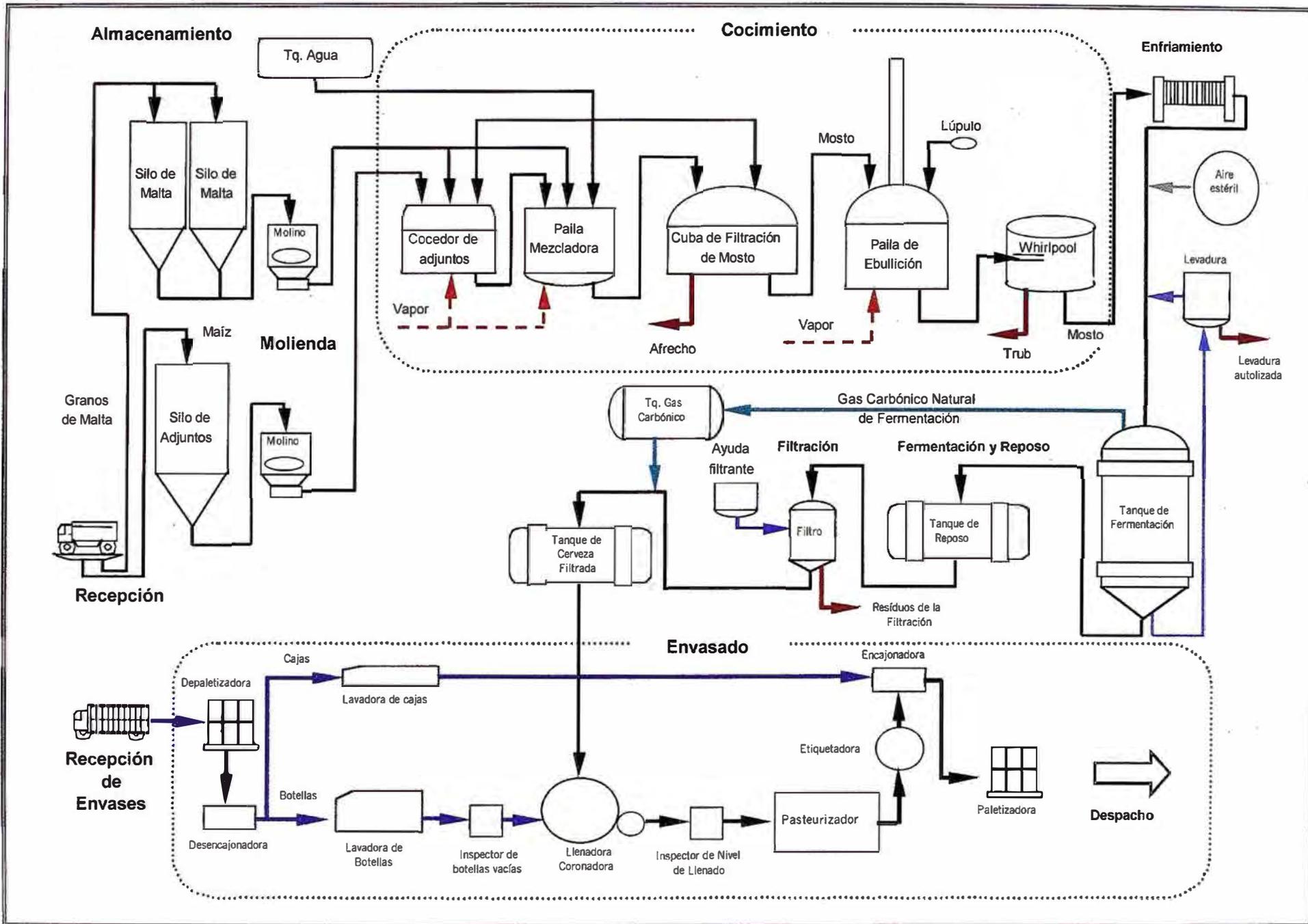
#### **3.2.5.7 Encajonado.**

La última etapa del proceso es el embalaje, el cual se realiza mediante maquinarias automatizadas que colocan los envases en cajas plásticas. Para garantizar que las cajas estén completas, pasan por un inspector antes de efectuarse el proceso de paletizado y despacho.

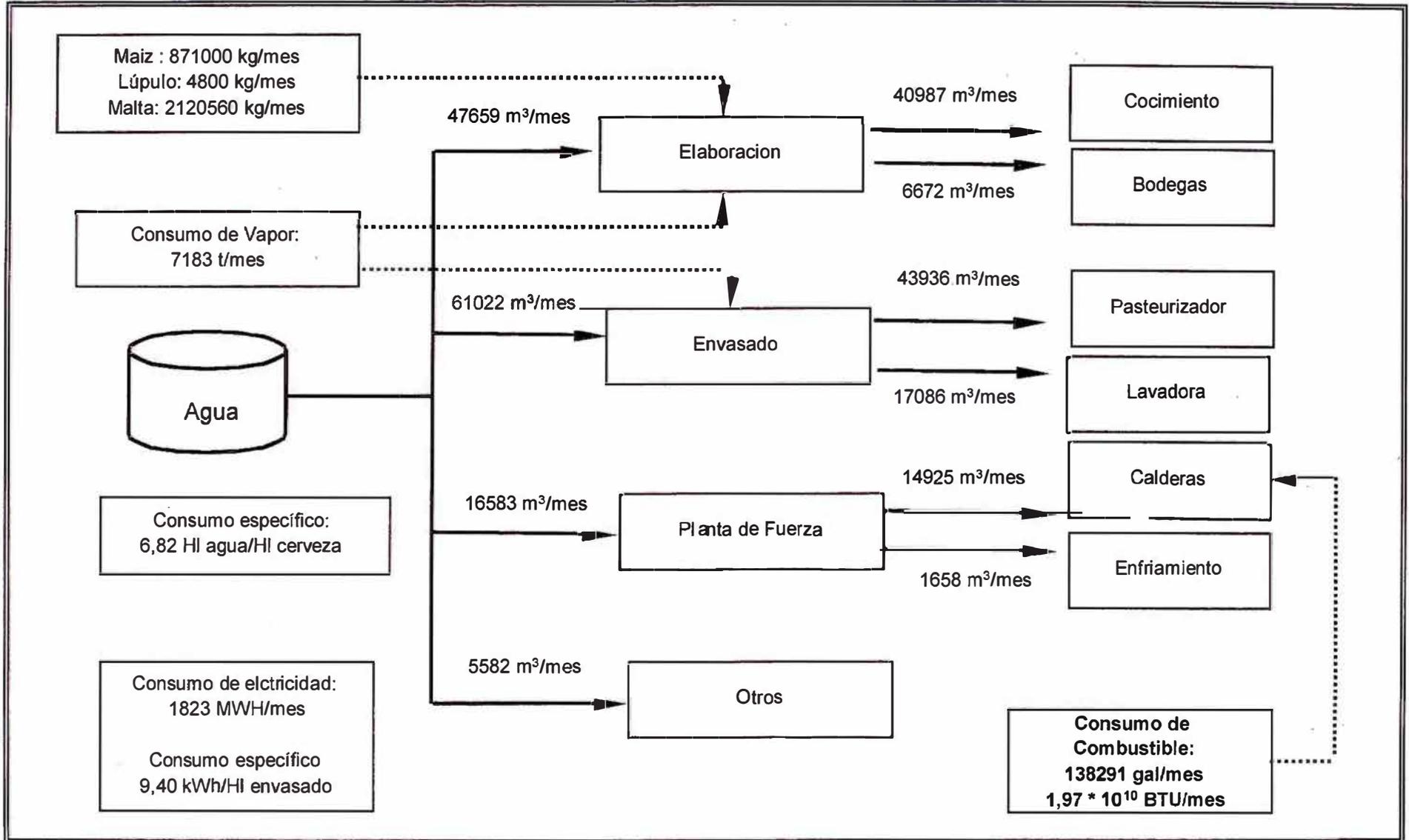
En la Figura 3,5 se muestran los diagramas de bloques del proceso.

En la Figura 3,6 se presenta un diagrama de bloques que muestra el balance de materia y energía por la producción de cerveza.

**Figura 3,5 : Diagrama de Bloques del Proceso**



**Figura 3,6 : Balance de Materia y Energía**



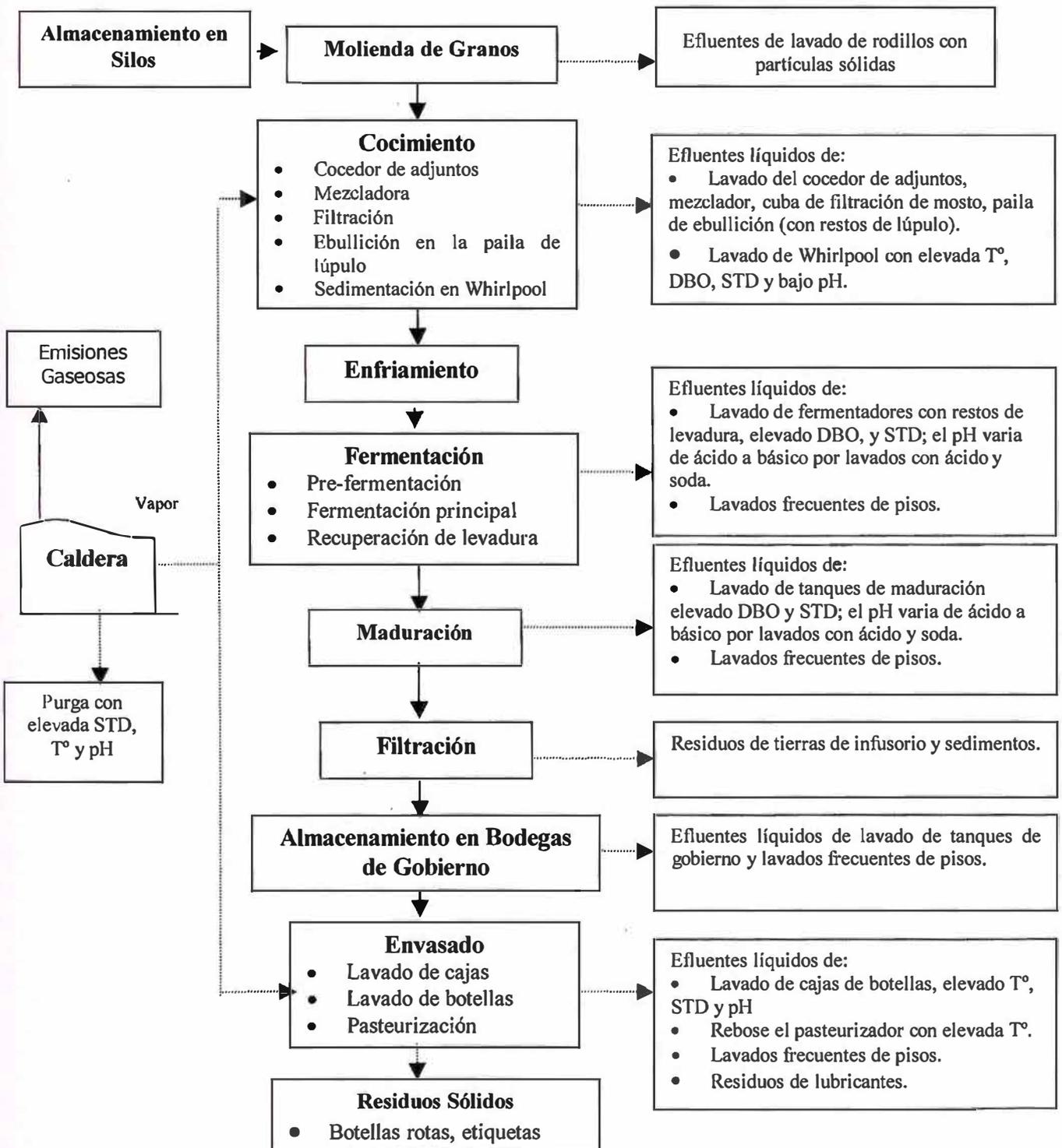
## CAPITULO IV

### IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS

#### 4.1. FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS

En el Figura 4,1 se muestran las principales fuentes generadoras de residuos y efluentes en la producción de cerveza.

Figura 4.1



## 4.2. EMISIONES POR EQUIPOS O ACTIVIDADES

En la Tabla 4,1 se detallan las emisiones gaseosas, los efluentes líquidos, emisiones de ruidos y residuos sólidos de los diferentes equipos o actividades involucradas dentro de la planta cervecera.

**Tabla 4,1 Emisiones gaseosas, efluentes líquidos, ruidos y residuos sólidos**

<b>Emisiones Gaseosas</b>	<b>Efluentes Líquidos</b>	<b>Emisión de Ruidos</b>	<b>Residuos Sólidos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calderas</li> <li>- Grupos Electrógenos</li> <li>- Cocimiento</li> <li>- Fermentación</li> <li>- Reposo</li> <li>- Compresores de NH<sub>3</sub></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Doméstico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficinas, en planta:</li> <li style="padding-left: 20px;">Comedor, uso de</li> <li style="padding-left: 20px;">servicios higiénicos,</li> <li style="padding-left: 20px;">Duchas</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Industrial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Molienda de granos</li> <li>- Purga de calderas y torres de enfriamiento</li> <li>- Área de cocimiento</li> <li>- Fermentación</li> <li>- Reposo</li> <li>- Filtración de cerveza</li> <li>- Área de Envasado</li> <li>- Lavado de pisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocimiento</li> <li>- Envasado</li> <li>- Planta de Fuerza</li> <li>- Planta de generación Eléctrica</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Doméstico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficinas y comedor</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Industriales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cocimiento</li> <li>- Fermentación</li> <li>- Reposo</li> <li>- Filtración</li> <li>- Envasado</li> <li>- Almacén</li> </ul>

## 4.3 AREA DE INFLUENCIA

El área de influencia esta delimitada por la zona que podría ser afectada por potenciales aniegos producidos, a partir del punto de descarga de la planta industrial, por la eventual obstrucción o deterioro de la red de desagüe público, debido a las características del efluente vertido por la fábrica (Figura 4,2)

Aunque el área de influencia no puede ser claramente delimitada, debido a la naturaleza compleja de los factores involucrados en la obstrucción o deterioro de la red de desagüe, se considera que el vertimiento de efluentes industriales es un factor importante en el potencial aniego de la zona aledaña a la planta y en el incremento de los efectos negativos que produciría el evento.

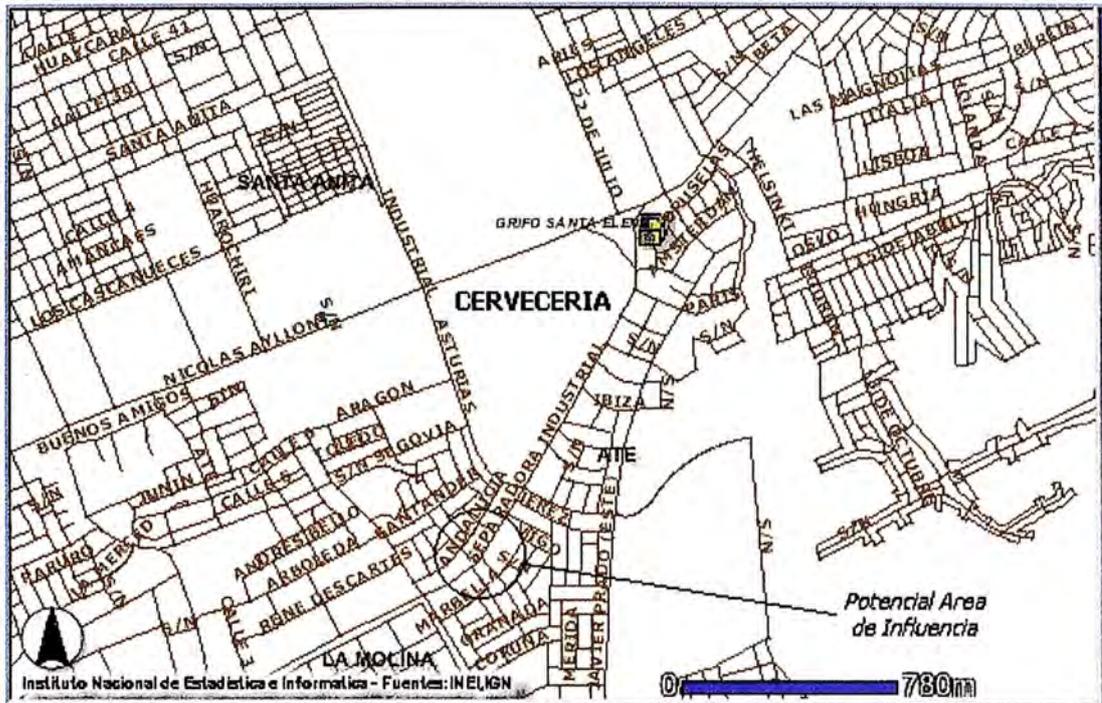


Figura 4,2 : Área de Influencia de la cervecería

#### 4.4. IMPACTOS AMBIENTALES

##### 4.4.1. Impacto al aire

Los únicos impactos potenciales al aire serían las descargas de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas provenientes de los calderos usados para producir vapor para procesos internos de la planta.

##### 4.4.2. Impacto de los Residuos Sólidos

El tema más significativo del manejo de residuos sólidos desde el punto de vista de impacto ambiental, es el manejo de la pulpa de las etiquetas producto de las operaciones de lavado de las botellas. La eliminación en rellenos o botaderos de la pulpa húmeda de las etiquetas con alto pH parecía ser el procedimiento de eliminación normal en la industria. Debido a la naturaleza húmeda de la pulpa y su alto pH, este residuo sólido genera un problema de disposición de residuos peligrosos. Se debería considerar la neutralización de la pulpa y reciclaje en la industria de elaboración de papel. Si esto no es posible, entonces se debería considerar la neutralización antes de su disposición en tierra.

El siguiente tema importante en la disposición de residuos es el manejo del medio de filtración de la cerveza residual “kieselguhr”. Esto no representa un tema de disposición de residuos peligrosos sino más bien una oportunidad de disponer del medio como residuo sólido y no como una carga sólida en el efluente. El medio puede ser usado como un aditivo de acondicionamiento del suelo o como relleno para carreteras. La industria podría tener algunas oportunidades en el manejo del exceso de levadura como un residuo sólido en lugar de disponerlo como un efluente o como un subproducto líquido. Se puede explorar la opción de prensar o centrifugar la levadura a fin de recuperar la levadura como un subproducto sólido o en pasta.

#### **4.4.3 Impacto del Efluente**

Los mayores impactos ambientales observados en la industria, incluso con la puesta en marcha de programas significativos de producción limpia y prevención de la contaminación, se asocian con las descargas de efluentes líquidos de la planta.

Las mayores fuentes de sólidos totales y suspendidos se originan de (a) las operaciones de limpieza de la prensa del filtro o “lauter tun”, (b) las operaciones de limpieza del tanque de fermentación y (c) las operaciones de filtrado de cerveza.

Si alguna de las opciones de producción limpia previamente mencionadas se pusieran en marcha (Procedimientos de Enjuague del Filtro de la Pasta o “Lauter Tun” y de los Tanques de Maduración y Fermentación de Cerveza, los Procedimientos de Recolección de Levadura, el Reciclaje de los Residuos Sólidos del Filtro de Cerveza y la Reducción en la Merma Residual (Resultante del Llenado de las Botellas), el volumen del efluente de la planta, los sólidos totales y suspendidos, y los niveles de DBO se reducirían.

#### **4.5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE IMPACTOS**

En la tabla 4,2 se presentan alternativas de solución de impactos en la producción de cerveza.

Tabla 4,2 Alternativas de solución de impactos

Impacto Identificado	Fuente / Causa	Prevención / Mitigación Propuesta
Riesgo de impacto en la salud de población y propiedades privadas, debido al potencial deterioro de la red de alcantarillado	Vertimiento de efluentes líquidos al sistema de alcantarillado público	<p>Evaluar alternativas tecnológicas para disminuir el vertimiento de sustancias contaminantes</p> <p>Implementar un programa de mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales</p> <p>Evaluar alternativas tecnológicas para sustituir insumos tóxicos</p> <p>Implementar un programa de monitoreo de efluentes y cuerpo receptor</p>
Disminución de la calidad del aire	<p>Emisiones gaseosas de fuentes fijas (calderos y grupos electrógenos)</p> <p>Emisiones fugitivas de partículas orgánicas</p>	<p>Implementar un programa de mantenimiento de los equipos de combustión</p> <p>Identificar el origen de partículas orgánicas en el aire e implementar soluciones</p> <p>Implementar un programa de monitoreo de emisiones gaseosas y calidad de aire</p>
Potencial alteración del nivel acústico	Emisión de ruidos en Planta de Fuerza y Envasado	Implementar un programa de monitoreo de ruidos
Potencial disposición inadecuada de residuos sólidos	Disposición temporal y final de residuos sólidos	Implementar un plan de manejo de residuos sólidos
Potencial uso inadecuado de recursos	Generación de energía	Evaluar e implementar mejoras en los procesos
Potencial agotamiento de recursos	<p>Uso de agua en procesos no productivos</p> <p>Procesos productivos</p>	<p>Capacitar al personal</p> <p>Identificar oportunidades de uso/reciclaje y evaluar alternativas</p>

#### 4.6. CARACTERIZACIÓN

En las Tablas 4,3, 4,4, 4,5 y 4,6 se detallan valores de los efluentes líquidos, emisiones gaseosas, niveles de ruido y residuos sólidos de la planta cervecera, respectivamente.

#### 4.6.1. Efluentes Líquidos

**Tabla 4,3 Características de efluentes líquidos**

Valor	Efluente Final							
	Caudal (L/s)	pH	Temp (°C)	SST (mg/L)	SSS (mL/h)	A y G (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)
Promedio	128	6,8	30,0	274	7	15	1 040	1 909
Máximo	199	12,2	43,0	1 740	88	61	6 150	10 106
Mínimo	39	1,8	27,0	41	0,2	4	116	786
Límite *	-	6 – 9	< 35	< 500	-	20	1 000	1 500

\* Límites de Ministerio de la Producción (Efluentes a alcantarillado de las actividades de cerveza ) D.S. N° 003-2002-PRODUCE

Donde:

SST: Sólidos suspendidos totales

SSS: Sólidos suspendidos sedimentables

BDO<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

A y G: Aceites y grasas

#### 4.6.2 Emisiones Gaseosas

**Tabla 4,4 Caracterización de emisiones gaseosas**

Valor	Concentración (mg/Nm <sup>3</sup> )			
	Partículas	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
	<b>Calderas</b>			
Promedio	101	0	2	832
Máximo	104	0	4	862
Mínimo	99	0	0	795
	<b>Grupos Electrónicos</b>			
Promedio	83	0	276	1 709
Máximo	87	0	367	1 748
Mínimo	80	0	186	1 657
Límites *	100	2 000	---	450

\* Límites del IFC/BM (Corporación de Finanzas Internacional del Banco Mundial)

General Environmental Guidelines (01-04-98) 035-96 EM/VMM

### 4.6.3. Niveles de Ruido

#### 4.6.3.1. En el ambiente de trabajo

En la tabla 4,5(a) se detalla los niveles de ruidos en el ambiente de trabajo:

**Tabla 4,5 (a)**

Area	Niveles de Presión Sonora			Límite Permissible (1) DB (A)
	NPS <sub>min</sub>	NPS <sub>max</sub>	NPS <sub>eq</sub>	
Planta de Fuerza	74,5	89,0	80,9	90
Cocimiento Molienda	80,5	90,5	86,0	
Silos - Pisos	66,0	96,5	89,5	
Envasado	80,0	90,0	84,0	

NPS<sub>min</sub> = nivel de presión sonora mínima

NPS<sub>max</sub> = nivel de presión sonora máxima

NPS<sub>eq</sub> = nivel de presión sonora equivalente

(1) Ministerio de Salud del Perú. Reglamento para apertura y Control Sanitario de Plantas Industriales (D.S. 29/65 – DGS - 08/02/65) Art. 25

#### 4.6.3.2 Ruido Ambiental

En la tabla 4,5(b) se muestran valores de ruido ambiental:

**Tabla 4,5 (b)**

Período	Niveles de Presión Sonora			Límite Permissible (1) DB (A)	
	NPS <sub>min</sub>	NPS <sub>max</sub>	NPS <sub>eq</sub>	Ruidos Molestos	Ruidos Nocivos
Diurno	45,5	85,5	63,8	70	90
Nocturno	39,5	89,0	57,8		

NPS<sub>min</sub> = nivel de presión sonora mínima

NPS<sub>max</sub> = nivel de presión sonora máxima

NPS<sub>eq</sub> = nivel de presión sonora equivalente

(1) Ordenanza Municipal N° 015: "Supresión y Limitación de los Ruidos Nocivos y Molestos". Municipalidad de Lima Metropolitana.

#### 4.6.4. Residuos Sólidos

En la tabla 4,6 se detallan las cantidades de residuos sólidos por tipo de procedencia

**Tabla 4,6**

Subproducto	Unidad	Cantidad (mes)
Vidrio	Kg	1 510 000
Afrecho	Ton	13 500
Polvillo	Kg	51 900
Plásticos Rotos	Kg	173 100
Cajas de cartón exchapas	Unidad	6 800
Cilindros	Unidad	85
Bidones	Unidad	70
Parihuelas	Unidad	1 600
Tierra infusoria	Kg	7 200
Levadura de cerveza	Ton	1 400

#### 4.7 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

La Tabla 4,7 (a) muestra los límites máximos permisibles de efluentes para alcantarillado, la Tabla 4,7 (b) la calidad del aire, la Tabla 4,7 (c) las emisiones gaseosas, la tabla 4,7 (d) los ruidos en el ambiente de trabajo y la Tabla 4,7 (e) las normas sobre ruidos nocivos y molestos, respectivamente en las actividades de producción de cerveza.

**Tabla 4,7 (a)**

Limite Máximo Permisible de Efluentes para Alcantarillado de las Actividades de Cerveza			
Parámetro	Unidad	Límite Permisible	Norma de Referencia
pH		6 – 9	D.S. N° 003-2002-PRODUCE Efluentes alcantarillado (Ministerio de la Producción)
Temperatura	°C	35	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500	
Aceites y Grasas	mg/L	20	
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/L	1 000	
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/L	1 500	

Tabla 4,7 (b)

CALIDAD DEL AIRE			
Parámetro	Unidad	Límite Permisible	Norma de Referencia
Partículas Totales en Suspensión (PTS), Promedio 24 horas	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	120	D.S. N° 046-93-EM
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) Promedio 24 horas	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	300	
Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Promedio 24 horas	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	200	

Tabla 4,7 (c)

EMISIONES GASEOSAS (CALDERAS Y GRUPOS ELECTRÓGENOS)			
Parámetro	Unidad	Límite Permisible	Norma de Referencia
Partículas	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	100	R.M. N° 315 – EM/VMM
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	2 000	IFC/BM – Corporación de Finanzas Internacional del Banco Mundial Enviromental Guides (01-07-98)
Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	460	

Tabla 4,7 (d)

Ruidos en el Ambiente de Trabajo										
Tiempo de Exposición (h/día)	8	6	4	3	2	1,5	1,0	0,75	0,5	0,25
Nivel de Ruido (dBA)	90	92	95	97	100	102	105	107	110	115

De acuerdo con: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, D.S. 046-2001

Tabla 4,7 (e)

Normas sobre Ruidos Nocivos y Molestos			
Zonificación	Ruidos Nocivos	Nivel de Ruidos (dBA)	
		De 07:01 a 22:00	De 22:01 a 07:00
Residencial	80	60	50
Comercial	85	70	60
Industrial	90	80	70

Ordenanza para la Supresión de Ruidos Nocivos y Molestos para la Provincia de Lima

#### 4.8 EFLUENTES LÍQUIDOS – TABLA COMPARATIVA INTERNACIONAL

En la Tabla 4,8 se presentan datos comparativos internacionales de influentes líquidos.

**Tabla 4,8 EFLUENTES LIQUIDOS – CUADRO COMPARATIVO INTERNACIONAL**

Fuente	pH	Temperatura (°C)	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	Coliformes NMP/100 ml
Ministerio de la Producción	6 – 9	< 35°C	< 1 500	< 1 000	< 500	< 20	
Corporación de Finanzas Internacionales del Banco Mundial (01.07.98)	6,0 – 9,0	Máx. 3 °C por encima del receptor	< 250	< 50	< 50	< 10	< 400
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales USA	6,0 – 9,0			8,0 - 15	8,0 - 18	< 5	
Países de Europa (Ríos y lagos) (a)	6,5 – 8,5	30		20 - 25	30		
Estándares USA / Europa (b)	6,0 – 9,0	30 – 40		20	30	5	
Dinamarca (*)		35		15	20		
Alemania			110	25			
Argentina	5,5 - 10	40		50			

(a) Dinamarca, Alemania, Suecia y Reino Unido

(b) Características del Efluente de una planta de tratamiento secundario (biológico)

(\*) Descarga a cuerpos de agua

## **CAPITULO V**

### **SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

Los Residuos Industriales de la Planta Cervecera, y en general de cualquier cervecería, puede reducirse fundamentalmente al manejo adecuado de los Efluentes Líquidos, que constituyen el aspecto más crítico en la Gestión Ambiental en este sector de la industria. El principal problema se centra en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de las aguas residuales lo cual va de la mano con la reducción de la carga orgánica, y la concentración de elementos sólidos orgánicos. Esta oportunidad de manejo permite obtener subproductos de la recolección de materiales sólidos como insumo para suplemento de ganado y recuperar el aceite usado del proceso para usarlo diluido en combustible o bien disponerlo adecuadamente con terceros o unidades de negocio adicionales.

Desde el punto de vista tecnológico el problema principal de la Planta Cervecera se centra en el manejo adecuado de los residuos industriales líquidos y más específicamente en la reducción de la DBO de las descargas líquidas.

Para la construcción de una planta de tratamiento aeróbico o anaeróbico, o anaeróbico/aeróbico deben tenerse en cuenta las regulaciones de autoridades, razones de localidad, costos, impuestos por las autoridades por contaminaciones fuertes, etc.

#### **5.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Los principales problemas en los efluentes de la planta cervecera es el contenido de la DQO y las variaciones de pH. Para reducir la DQO se han tomado medidas como reducir las mermas de mosto y cerveza, mejorar el procedimiento de recolección de la levadura, etc. Sin embargo, se requiere realizar un tratamiento adecuado para disminuir la carga orgánica en los efluentes. Los valores de pH altos se deben a las descargas alcalinas de la lavadoras de caja y de botellas.

El efluente final, antes de ser descargado a las alcantarillas cuenta con un sistema de control para regular el pH con los parámetros adecuados según norma del

Ministerio de la Producción (De 6 a 9), el sistema es regulado con la dosificación de una solución ácida a un tanque de equalización.

## 5.2 SISTEMAS DE PRETRATAMIENTOS UTILIZADOS EN CERVECERÍAS

### 5.2.1 Tratamiento Aerobio

(Una planta compacta de lodos activados, Filtros Biológicos o Lagunas de Proceso Aerobio se muestra en la Figura 5,1)

Constituye el mecanismo clásico de tratamiento para residuos líquidos con alta carga orgánica logrando reducciones de hasta el 95% de la DBO y SST. Sin embargo, su implementación requiere considerar la necesidad de un diseño que garantice el correcto recorrido de aireación del residuo líquido con los cálculos para el adecuado tiempo de residencia y las facilidades de espacio físico para la construcción de cámaras de equalización, cribas mecánicas, pozas-tanques de oxidación y sedimentación además de todo el equipo mecánico con el correspondiente suministro de energía y la instalación de paletas aireadoras en los fondos.

Este mecanismo permite una drástica reducción de la DBO en cortos períodos de tiempo. El proceso de implementación incluye el desarrollo de obras eléctricas, obras civiles, obras metal-mecánicas y, procesos de instrumentación y control para la planta de tratamiento. De igual forma se deberá evaluar las posibilidades de la posterior utilización del agua tratada que se obtiene como producto final, así como las opciones de disposición de final de los lodos utilizados y el destino de material sólido recuperado en el proceso.

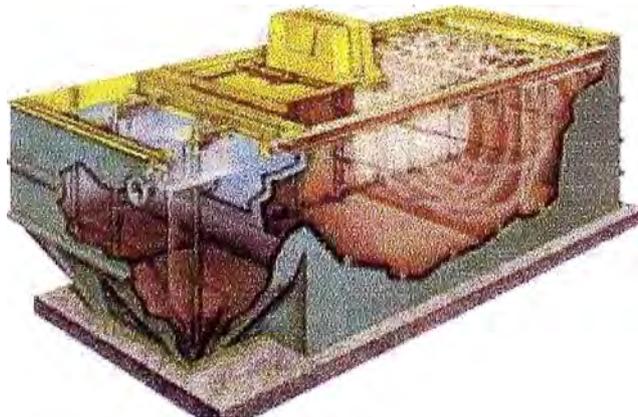


Figura N° 5,1 Planta Compacta de Lodos Activados

### **5.2.2 Tratamiento Anaerobio**

Requiere generalmente la construcción de camas de lodo granular que funcionan produciendo gas metano y menores cantidades de lodo, estando diseñado para soportar mayores cargas de DBO que las utilizadas para los lodos aerobios. Sin embargo este tipo de tratamiento produce variaciones en el pH del residuo y genera olores desagradables que no son fáciles de controlar.

El proceso de tratamiento con lodos anaerobios permite tratar mayores cargas de DBO en tiempos similares y la eficacia depende del diseño aplicable a la organización. Sin embargo deberán tenerse en cuenta las necesidades de espacio físico, facilidades de construcción y equipo auxiliar, equipo de monitoreo y neutralización del pH, así como las necesidades de ingeniería que sean necesarias para poner en operación una planta de tratamiento de esta naturaleza. Los costos asociados suelen ser muy similares a los requeridos en el proceso de lodos activados aerobios.

### **5.2.3 Pre-tratamiento con Reactores UASB**

El pretratamiento anaeróbico de aguas residuales utilizando reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket o Manto de Lodos de Flujo Ascendente) ha sido usado exitosamente en todo el mundo por mas de dos década

En este proceso, el residuo que se quiere tratar se introduce por la parte inferior del reactor. El agua fluye en sentido ascendente a través del manto de lodos constituidos por gránulos o partículas formadas biológicamente.

El tratamiento se produce al entrar en contacto del agua residual y las partículas. Los gases producidos en condiciones anaeróbicas (principalmente metano y dióxido de carbono) provocan una circulación interior, que colabora en la formación y mantenimiento de los gránulos.

Parte del gas generado dentro del manto de lodo se adhiere a las partículas biológicas. Tanto el gas libre como las partículas a la que se ha adherido gas, ascienden hacia la parte superior del reactor.

Allí se produce la liberación del gas adherido a las partículas, al entrar éstas en contacto con unos deflectores desgasificadores. Las partículas desgasificadas

suelen volver a caer a la superficie del manto de lodo.

El gas libre y el gas liberado de las partículas se captura en una bóveda de recogida de gases instalada en la parte superior del reactor. El líquido, que contiene algunos sólidos residuales y algunos de los gránulos biológicos, se conduce a una cámara de sedimentación, donde se separan los sólidos residuales.

Los sólidos separados se reconducen a la superficie del manto de lodo a través del sistema de deflectores. Para mantener el manto de lodo en suspensión, es necesario que la velocidad de flujo ascendente tenga un valor de 0,6 y 0,9 m/h.

Los reactores UASB permiten un rendimiento en la eliminación del DQO en un 50 a 85% (Anexo III) y con un producción de biogas en el proceso de digestión.

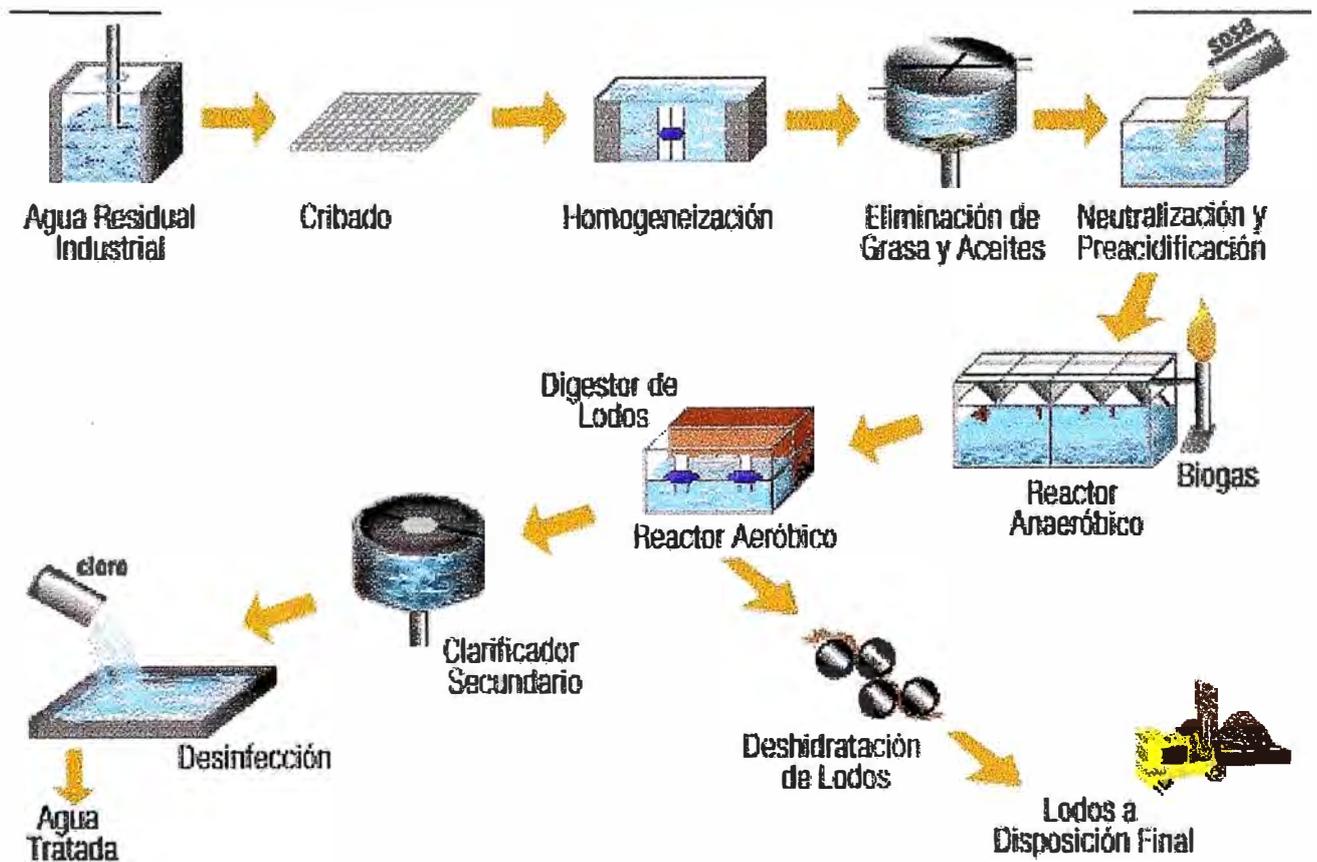
#### **5.2.4 Tratamiento Biotecnológico**

Esta basado en la utilización de bacterias que actúan como reductores biológicos, las cuales se activan en contacto con el agua residual y producen la degradación directa e inmediata de la materia orgánica logrando reducciones de DBO desde valores de 5000 mg/L hasta 3 mg/L dependiendo de la cantidad de bacterias utilizadas y del tiempo de residencia que debe de calcularse para cada caso. Este tipo de sistemas requieren de la construcción de pozas en geomembrana y reducen notablemente los tiempos y costos de tratamiento y operación.

Desde un punto de vista estrictamente tecnológico las bacterias son una solución muy sencilla y fácil de aplicar a la realidad local, sin embargo debe tenerse en cuenta la dependencia del material microbiano de reposición, lo cual obligaría, para que sea rentable, a la adquisición de material biológico en grandes cantidades por periodo anual. Desde el punto de vista de operación, el rendimiento es muy alto ya que permite reducciones en la DBO de hasta 99% y no genera subproductos indeseados ni requiere tratamientos adicionales.

En la Figura 5,2 se muestra un diagrama de Flujo de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con sistema de Pretratamiento, Reactor Anaerobio, Aerobio, Desinfección y Tratamiento de Lodos

**Figura 5,2 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**



## CAPITULO VI

### SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTO

El proceso de fabricación de cerveza implica que sus vertidos sean irregulares en su composición con variaciones rápidas de pH, temperatura y carga orgánica. Igualmente, el proceso discontinuo de fabricación así como los principios y finales de producción y envasado, determinan una variación importante en el caudal horario de agua a tratar.

Los vertidos a depurar de la planta cervecera provienen de diferentes puntos de la línea de fabricación. En principio se pueden considerar como puntos normales de generación de vertidos: cocimiento, fermentación, filtración, envasado, servicios generales y otros. De acuerdo a los datos básicos de la planta, se considera que para el efluente final, los valores que se indican en la Tabla 6,1:

**Tabla 6,1 Valores de los parámetros medidos para el efluente final**

Valor	Efluente Final							
	Caudal (L/s)	pH	Temp (°C)	SST (mg/L)	SSS (mL/h)	A y G (Kg/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	DQO (Kg/m <sup>3</sup> )
Promedio	128	6.8	30.0	274	7	0.015	1.040	1.909
Máximo	199	12.2	43.0	1740	88	0.061	6.150	10.106
Mínimo	39	1.8	27.0	41	0.2	0.04	0.116	0.786

#### 6.1 PROCESO DE TRATAMIENTO

El proceso completo de tratamiento de los vertidos de la planta cervecera se puede dividir en tres partes perfectamente diferenciadas: Pretratamiento y Tratamiento primario, tratamiento biológico anaerobio y tratamiento biológico aerobio.

##### 6.1.1 Pretratamiento y Tratamiento Primario.

Son procesos destinados a la eliminación de lo sólidos en suspensión en los vertidos. Generalmente son tratamientos físicos y mecánicos. Dentro de estos podemos considerar los siguientes proceso unitarios (Figura 6,1):

Rejas de gruesos

Desarenado

Tamizado

Sedimentación primaria

Homogenización

Hay que tener presente que en los tratamientos primarios, principalmente en el proceso de sedimentación, se producen fangos que hay que extraer del sistema y que conjuntamente con los fangos producidos en el tratamiento aerobio final, posterior al tratamiento anaerobio, hay que espesar y deshidratar para su posterior envío al vertedero controlado.

Para el dimensionamiento y diseño del proceso anaerobio que se debe proyectar después del tratamiento primario, se debe considerar unos rendimientos medios de eliminación de DQO y DBO<sub>5</sub> del orden del 15 a 30% dependiendo del contenido en sólidos suspendidos. En cuanto a la eliminación de sólidos en suspensión se pueden prever rendimientos del 75 a 85%.

La digestión anaerobia se utiliza con gran eficacia en el tratamiento de aguas residuales industriales con alta carga orgánica, como es el caso de la industria cervecera, basado en la reducción de los componentes de la materia orgánica a metano, dióxido de carbono y agua. En los procesos de digestión anaerobia la energía demandada por los microorganismos activos es muy baja comparada con los procesos de tratamiento en fase aerobia.

## **6.2 SISTEMA UASB**

En términos de ingeniería de proceso, toman lugar varios pasos de pretratamiento antes y después del reactor anaeróbico (Anexo I). Son usados varios sistemas para separar contaminantes gruesos y finos así como para separar lodo. En la industria cervecera y de bebidas, el tipo de reactor UASB de metano, es principalmente usado en el pretratamiento anaeróbico. El reactor llamado “Manto de lodo Anaeróbico de flujo ascendente” es un reactor de metano de alta capacidad con un lecho de lodo a través del cual fluye el agua residual que es mantenida en suspensión por la formación de gas entre otras cosas.

Los reactores tipo “Manto de lodo Anaeróbico de flujo ascendente” fueron mencionados por primera vez en los setentas. El desarrollo sistemático con miras a una aplicación industrial solo empezó a los comienzos de los ochentas.

Los principios básicos de un reactor de lecho de lodo moderno puede ser resumido como sigue:

- El agua residual a ser tratada es eventualmente distribuida sobre el nivel mas bajo de todo el reactor y pasa a través de un lecho de lodo que es mantenido en suspensión por el agua residual y el biogas producido.
- La sobrecarga de partículas de lodo anaeróbico del reactor es evitada teniendo una zona de reposo y de sedimentación en la parte más alta del reactor. Esto se obtiene mediante un separador de tres fases que sirve para separar y recolectar el biogas en las capuchas recolectoras por un lado y separar la masa bacterial que regresa a la zona activa mas baja del reactor por otro lado. Esto justifica la necesidad de instalar un separador de lodo externo.
- El lodo anaeróbico da mejores características de sedimentación por selección natural. Se formarán pellets de lodo granulado con una alta densidad y actividad de biomasa, y una alta estabilidad mecánica y mejores características de instalación. Como resultado de estas altas concentraciones de lodo, el reactor puede ser operado con altas capacidades y cortos periodos de residencia ( $< 12$  h). Las condiciones de diseño y de operación del reactor fueron por ende, optimizadas en los ochentas para hacer crecer la concentración de lodo y la velocidad de sedimentación mediante una importante selección mejorada.

Los reactores UASB de cuarta generación (Figura 6.2 y Anexo III ) permite de este modo la separación de las tres fases, agua-lodo-gas, en el mismo reactor, dispensando la necesidad de separar y regresar el lodo adicional.

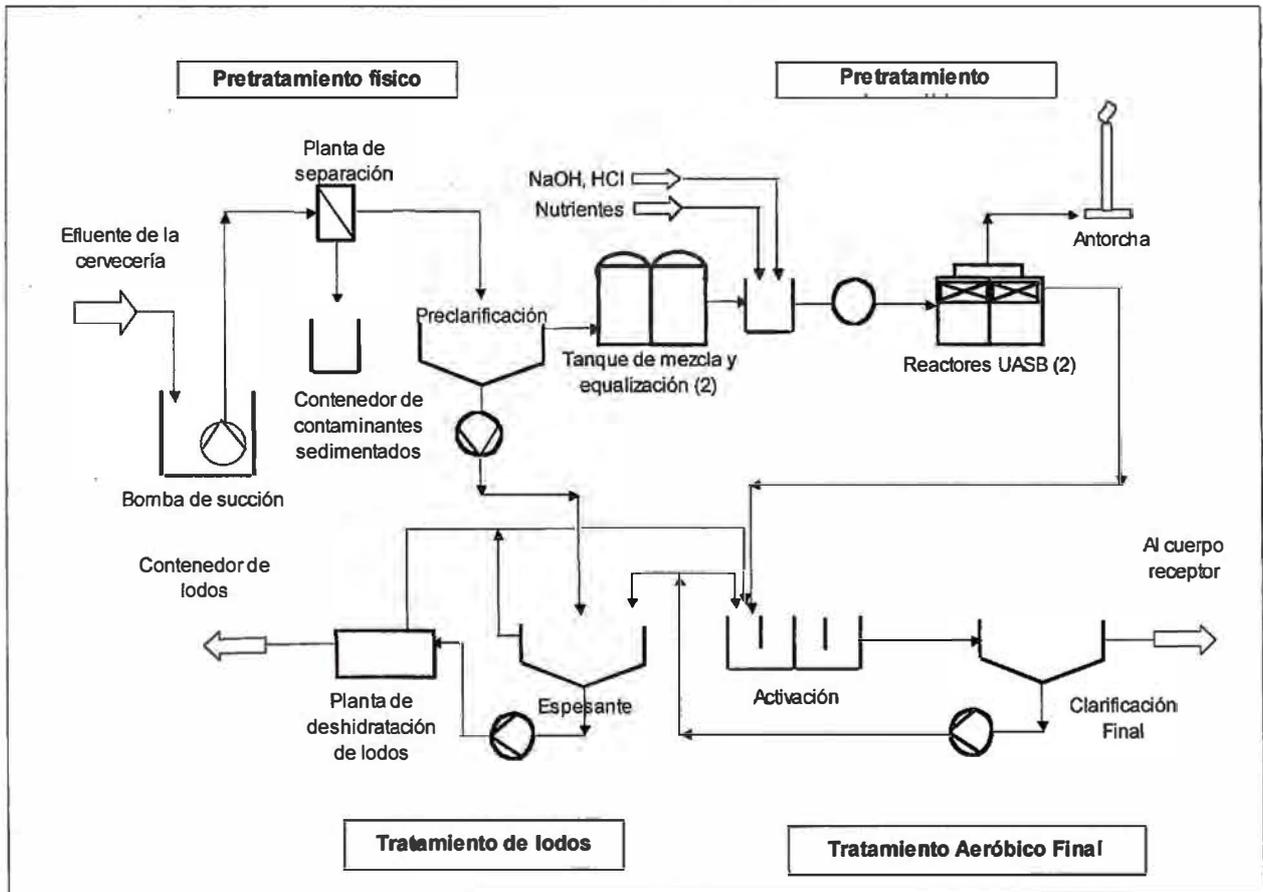
El sistema de separación de tres fases y su arreglo especial también dispensa el requerimiento de instalar un sistema de almacenamiento de gas. El sistema compensa las fluctuaciones en la producción de gas para que los usuarios sean abastecidos con un volumen de gas prácticamente constante.

Las ventajas y desventajas en el uso de los reactores UASB son:

### 6.2.1 Ventajas

- Soporta altas cargas (20 Kg DQO / m<sup>3</sup> día)
- Bajo requerimiento de energía
- No requiere medio de soporte (bajo costo)

- Construcción relativamente simple
- Con inóculo apropiado puede arrancar en forma inmediata
- Aplicable en pequeña y gran escala
- Proceso ampliamente probado
- Alta producción de gas metano
- Bajo tiempo de residencia hidráulico (10 – 12 h )



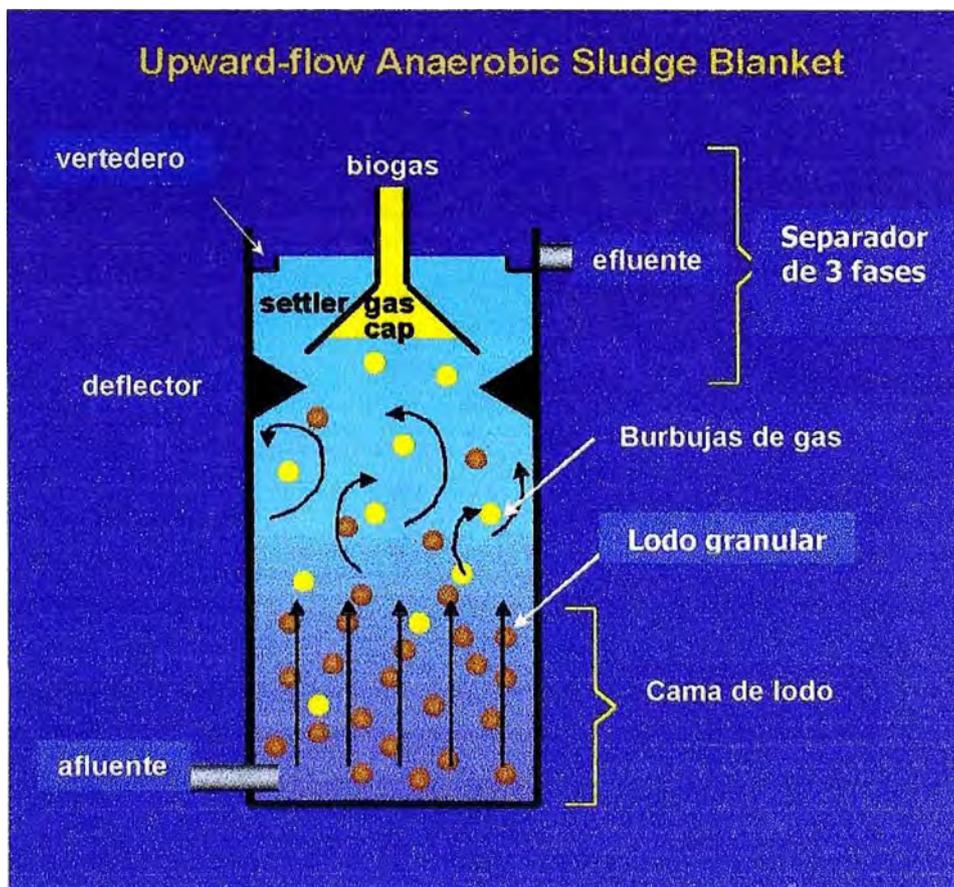
**ETAPAS DE PROCESO DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE EFLUENTES  
(Cervecería)**

Figura 6,1 Etapas Proceso de una Planta de Tratamiento de Efluentes de una cervecería con Tratamiento Anaeróbico( Sistema UASB), Tratamiento de Lodos y Tratamiento Aeróbico Final

### 6.2.2 Desventajas

- Granulación lenta, no necesariamente controlable
- No todas las aguas favorecen la granulación
- Sensible a sólidos suspendidos (Aumenta la concentración de Sólidos Suspendidos en reactores de distinta biomasa), grasas y aceites
- Sensible a aguas que forman precipitados (llenen el fondo del reactor y el lecho sube)
- Riesgo de flotación de los granos durante el rearranque (gránulos varían de densidad)

Figura 6,2 Esquema de un Reactor UASB

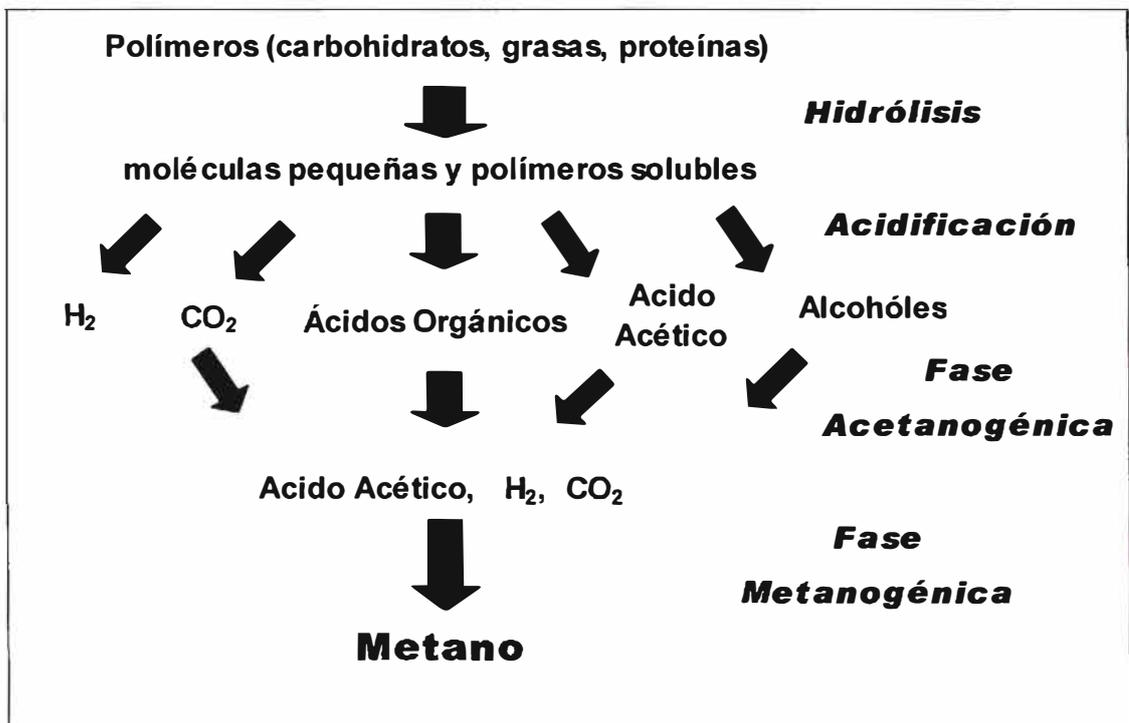


## 6.3 FUNDAMENTO

### 6.3.1 Mecanismo de la digestión anaerobia

Las bacterias presentes en el agua están sometidas a diversos tipos de degradación (en términos de utilización de oxígeno). Todo tipo de bacteria presente en las aguas residuales necesita oxígeno para su respiración y alimento, estas pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas (Sterling, 1987a).

La transformación de las macromoléculas orgánicas complejas requiere de la mediación de varios grupos diferentes de microorganismos. La Fig. 6.3 muestra una representación esquemática de los procesos involucrados:



**Figura 6,3 Secuencia de procesos en la digestión anaerobia de macromoléculas complejas**

La digestión anaerobia tiene lugar en tres etapas generales (Orozco, 1989):

Primeramente los componentes de alto peso molecular, tales como las proteínas y los polisacáridos, son degradados en sustancias solubles de bajo peso molecular tales como aminoácidos y azúcares, esta etapa es a veces llamada "fase de licuefacción".

Seguidamente, los nutrientes orgánicos son convertidos en ácidos menos grasos en una fase de "fermentación ácida", la cual baja el pH del sistema.

Finalmente, en la fase de "fermentación de metano" o "metanogénica", los ácidos orgánicos son convertidos en metano, dióxido de carbono y una pequeña cantidad de hidrógeno.

Para la digestión anaerobia de proteínas, carbohidratos y lípidos, se distinguen cuatro etapas diferentes en el proceso global de conversión (van Haandel y Lettinga, 1994):

**Hidrólisis:** El proceso requiere la participación de las llamadas exoenzimas que son excretadas por las bacterias fermentativas y permiten el desdoblamiento de la Materia Orgánica (MO).

**Acidogénesis:** Los compuestos disueltos, generados en el proceso de hidrólisis, son absorbidos en las células de las bacterias fermentativas y después por las ácido génicas, excretados como sustancias orgánicas simples como ácidos grasos volátiles, alcoholes, ácido láctico y compuestos gaseosos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc.

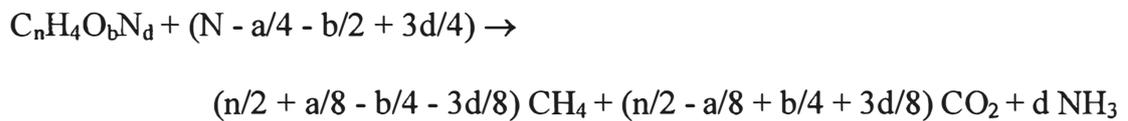
**Acetogénesis:** En esta etapa, dependiendo del estado de oxidación del material orgánico a ser digerido, la formación del ácido acético puede ser acompañada por el surgimiento de los gases  $\text{CO}_2$  o  $\text{H}_2$ .

**Metanogénesis:** En general es el paso que limita la velocidad del proceso de digestión. El metano es producido por las bacterias acetotróficas a partir de la reducción del ácido acético o por las bacterias hidrogenotróficas a partir de la reducción del  $\text{CO}_2$ .

Las bacterias (Fig. 6.4, 6.5 y 6.6) que producen metano a partir del hidrógeno crecen más rápidamente que aquellas que usan ácido acético, de modo que las metanogénicas acetotróficas generalmente limitan la tasa de transformación de la materia orgánica compleja presente en el agua residual en biogás. Por

conveniencia muchas veces los tres primeros procesos son llamados "fermentación ácida", que se completan con la "fermentación metanogénica".

La producción de metano depende principalmente del estado de oxidación del carbono en la MO. Si la composición del sustrato es conocida y es completamente convertido a CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> (y NH<sub>3</sub> en el caso que el sustrato contenga nitrógeno), la producción teórica de metano puede ser calculada de acuerdo a la siguiente ecuación (Lettinga y Hulshoff, 1995b):



Generalmente el biogás obtenido contiene mucho menos CO<sub>2</sub> que el calculado con la ecuación anterior, debido a la alta solubilidad del CO<sub>2</sub> en el agua.

### 6.3.2 Factores que influyen en el tratamiento anaerobio de aguas residuales

El curso del proceso de digestión anaerobia, es afectado fuertemente por un número de factores ambientales. Para la aplicación óptima del proceso de tratamiento anaerobio de las aguas residuales, es de mucha importancia tener conocimiento suficiente sobre el efecto de estos factores (Lettinga *et. al.*, 1995):

**Temperatura:** Un importante aspecto de la temperatura en los sistemas anaerobios, es que el decaimiento de la bacteria anaerobia a temperaturas menores a 15°C es muy bajo. Esto significa que el lodo anaerobio puede ser preservado por largos períodos de tiempo, sin que pierda mucho su actividad, haciendo que el tratamiento anaerobio sea muy atractivo para aguas residuales que se descargan discontinuamente.

**pH:** La producción de metano se desarrolla óptimamente a un valor de pH entre 6.5 a 7.5. Valores exactos para el rango de pH no pueden ser dados ya que en algunos casos la digestión del metano se desarrollará más allá de este rango.

**Capacidad buffer:** El contenido del reactor debe tener suficiente capacidad buffer para neutralizar una eventual acumulación de ácidos grasos volátiles y por supuesto la mezcla debe ser adecuada para evitar zonas ácidas dentro del reactor.

**Nutrientes:** El tratamiento biológico anaerobio de las aguas residuales es desarrollado por bacterias, las cuales deben crecer durante el tratamiento, de otra forma serían lavados fuera del sistema. Por esta razón el agua residual debe contener un número de compuestos a partir de los cuales la bacteria pueda sintetizar sus constituyentes celulares.

**Toxicidad en la digestión anaerobia:** Por encima de una cierta concentración cualquier componente puede ser inhibitorio, aún los ingredientes (substratos) para los organismos. Sin embargo en un rango de concentración baja muchos de estos compuestos naturales pueden estimular el metabolismo de las bacterias.

Para van Haandel y Lettinga (1994), la temperatura es el factor ambiental de mayor importancia en la digestión anaerobia de aguas residuales.

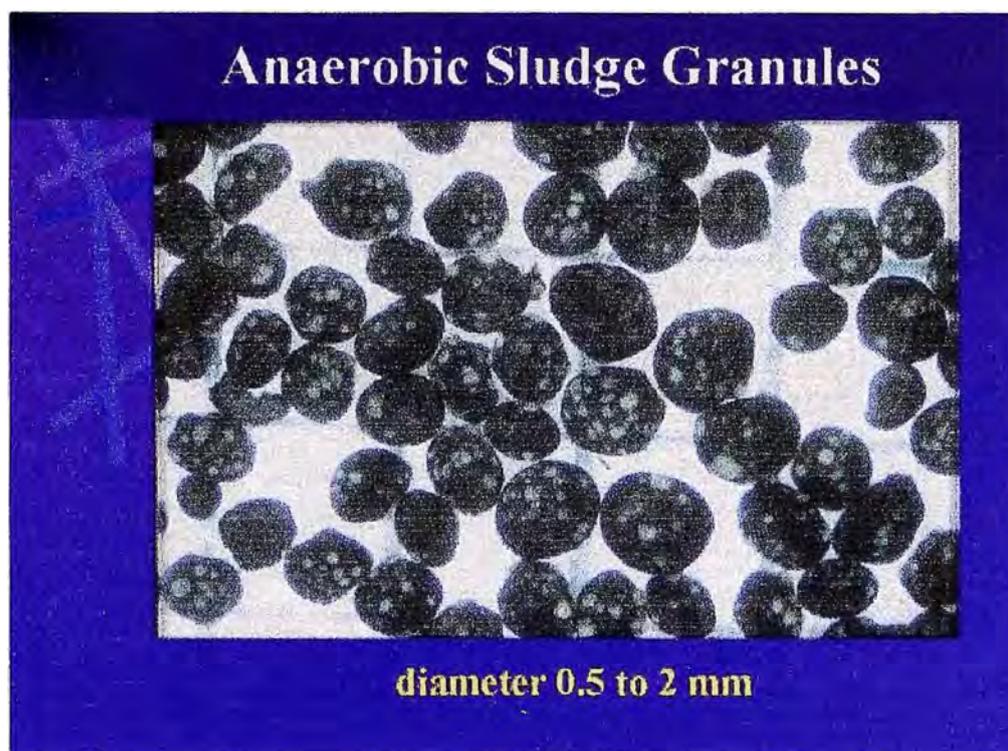


Figura 6.4 Lodo Granulado Anaeróbico

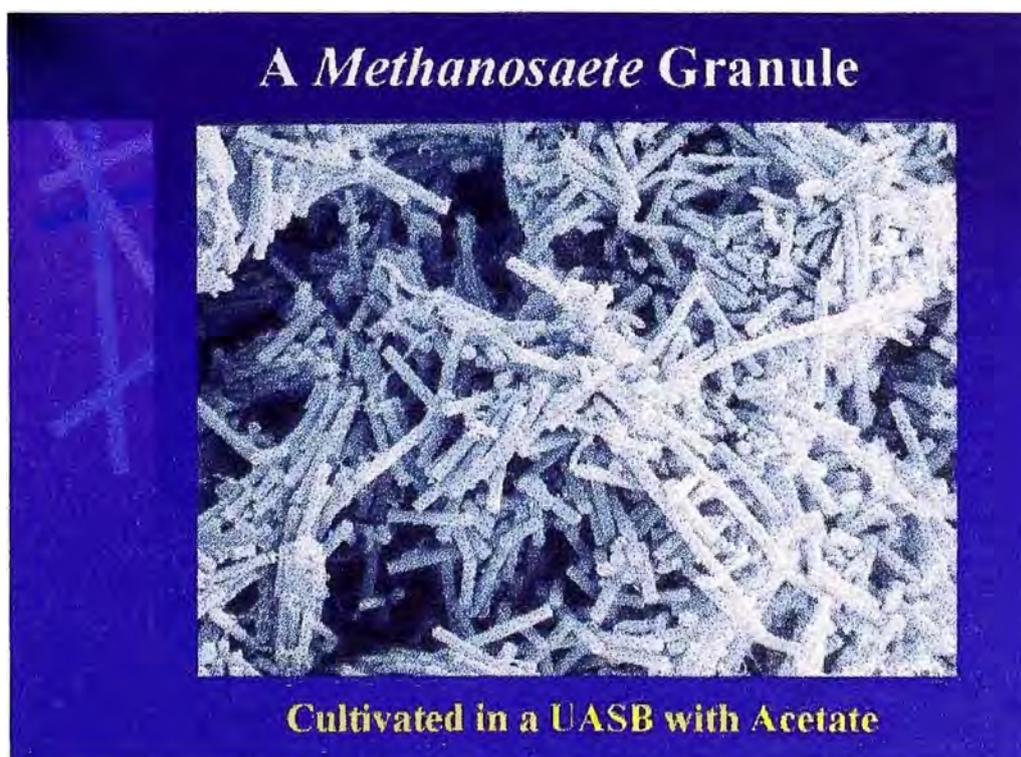


Figura 6.5 Lodo Cultivado en Reactor UASB con acetato

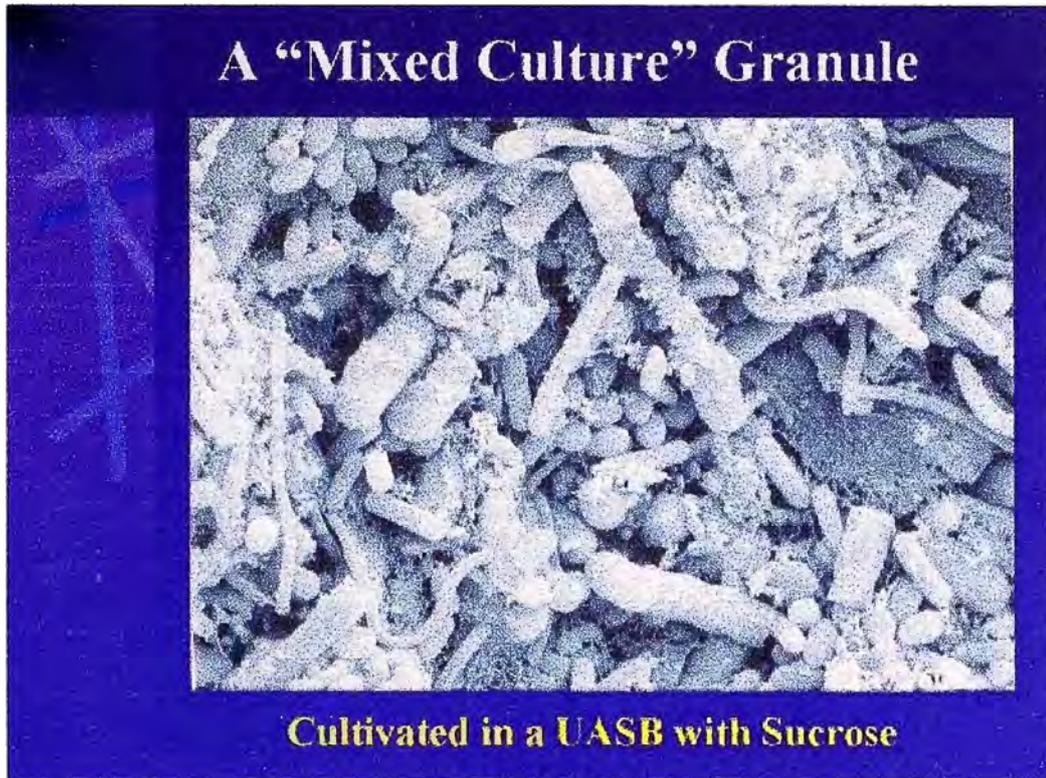


Figura 6.6 Lodo Cultivado en Reactor UASB con sacarosa

## 6.4 Diseño del reactor UASB

El criterio asumido para el diseño del reactor UASB, es que al trabajar con bajas cargas orgánicas (ARD, DQO < 1500 mg/L) la limitante del proceso es la carga hidráulica (Lettinga y Hulshoff, 1995a; van Haandel y Lettinga, 1994 y Lettinga et. al. 1980).

La Tabla 6,2 muestra los valores de caudal, pH, temperatura, Sólidos Sedimentables Totales, Sólidos Suspendidos Sedimentables, Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

**Tabla 6,2 Valores de los diferentes parámetros medidos del efluente final**

Valor	Efluente Final							
	Caudal (L/s)	PH	Temp (°C)	SST (mg/L)	SSS (mL/h)	A y G (Kg/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	DQO (Kg/m <sup>3</sup> )
Promedio	128	6.8	30.0	274	7	0.015	1.040	1.909
Máximo	199	12.2	43.0	1740	88	0.061	6.150	10.106
Mínimo	39	1.8	27.0	41	0.2	0.04	0.116	0.786

La remoción de la Demanda Química de Oxígeno con el reactor UASB se logra en un rango de 70 a 85%, es decir para la cervecería se estaría reduciendo a valores 600 mg/L de DQO en las descargas cumpliendo los parámetros dados por el Ministerio de la Producción.

### 6.4.1 Análisis de los datos de temperatura del ambiente

Según van Haandel y Lettinga (1994) la temperatura es el factor ambiental de mayor importancia en la digestión anaerobia de aguas residuales, dependiendo está del clima de la región; sin embargo, siempre tendrá un valor por debajo de la temperatura óptima para la digestión anaerobia (30 a 35°C).

De este modo el proceso es atractivo para regiones tropicales o subtropicales, donde la temperatura del ARD no está por debajo de los 18°C (Vieira, 1989). La temperatura promedio en el Distrito de Ate se encuentra en 22°C, corresponden a un clima de tipo subtropical.

Lettinga et. al. (1983) presentan una guía tentativa para la capacidad de diseño de Reactores UASB en base a la temperatura. Para este caso con una

temperatura entre 15 y 20°C se puede trabajar en un rango de 2 a 10 Kg DQO/m<sup>3</sup>.día, siendo la carga de diseño 1,05 Kg DQO/m<sup>3</sup>.día (Anexo V).

#### 6.4.2 Cálculo del volumen del reactor

El cálculo del volumen del reactor anaerobio para tratar ARD no compleja depende de varios factores: carga de DQO total máxima, carga superficial, carga volumétrica, temperatura mínima, concentración y características del agua residual, carga volumétrica permisible, eficiencia requerida y nivel requerido de estabilización de lodo. El Tiempo de Residencia Hidráulica (TRH) depende de la temperatura. Definiéndose un TRH de 6 horas, (mayor a 4 h, valor recomendado por van Haandel, 1998 y Lettinga *et. al.*, 1989). El volumen del reactor se calcula aplicando la siguiente relación:

$$V_r = TRH \times Q_a$$

Donde :  $V_r$  = Volumen del reactor  
 $Q_a$  = Caudal medio del afluente  
 TRH = Tiempo de residencia hidráulico del líquido (medio)

Siendo el caudal de diseño de 460,8 m<sup>3</sup>/h (11 040 m<sup>3</sup>/día) y el TRH a 6 horas se obtiene el volumen para el reactor en m<sup>3</sup>:

$$\text{Volumen del reactor} = 6 \text{ (h)} * 460.8 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

<b>Volumen del reactor = 2766 m<sup>3</sup></b>
---

#### 6.4.3 Cálculo de la altura del reactor

El parámetro que limita la altura del reactor es la velocidad media del líquido que según van Haandel (1998), normalmente no debe exceder el valor de 1 m/h, por tanto adoptando un margen de seguridad se define en 0,80 m/h.

La relación entre la velocidad ascensional del líquido y la altura del reactor UASB permiten calcular la altura del reactor a partir de la siguiente ecuación:

$$v_i = \frac{Q_a}{A} = \frac{V_r}{TRH \times A} = \frac{H}{TRH}$$

Donde  $v_i$  = Velocidad ascendente del líquido  
 $A$  = Area superficial del reactor UASB  
 $H$  = Altura (profundidad) del reactor UASB

Considerando que el TRH es 6 horas, se calcula la altura del reactor:

$$\text{Altura del reactor} = 0.8 \text{ m/h} * 6 \text{ h}$$

$$\text{Altura del reactor} = 4,80 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

#### 6.4.4 Forma Geométrica del reactor

La forma geométrica del reactor puede ser o circular o rectangular (van Haandel, 1998; van Haandel y Lettinga, 1994). Según la Tabla 6.3 donde se muestra las dimensiones básicas y forma del reactor de acuerdo al caudal, volumen, profundidad, etc; para la planta cervecera el reactor UASB a construir será reactor rectangular.

Dimensiones del reactor:

- Largo : 30 m

- Ancho: 20 m

**Tabla 6.3 Dimensiones básicas de ejemplos de reactores UASB para eficiencias de remoción de DQO mayor a 80% y de DBO mayor a 85%**

Parámetro	REACTORES UASB.				
	1.2	12	120	1200	12000
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	1.2	12	120	1200	12000
Forma	Circular	Circular	Circular	Rectangular	Rectangular
Tiempo permanencia (h)	18 **	12**	9**	6	6
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.9	6	45	300	3000
Profundidad, m	2	3	4.5	4	5
Area (m <sup>2</sup> )	0.45	2	10	75	600
Diámetro (m)	0.75	1.6	3.5	-	-
Largo (m)	-	-	-	10	2*15
Ancho (m)	-	-	-	7.5	20
Area per cápita (m <sup>2</sup> )	0.045	0.03	0.01	0.0075	0.006
Volumen per capita (l)	90	60	45	30	30
Velocidad ascendente (m/h)	0.11	0.25	0.50	0.67	0.83

**\*\* Volumen adicional para almacenaje de lodo.**

Fuente: van Haandel (1998).

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los residuos líquidos de la Planta Cervecera contiene alta cantidad de DQO que tiene que ser tratados antes de ser evacuados a las alcantarillas. El contenido de DQO sobrepasa con la norma dada por el Ministerio de la Producción.
- Se puede concluir que el sistema de tratamiento con el reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) es un tratamiento para aguas residuales que, alcanza eficiencias de remoción altas de materias orgánicas, requiriendo poca área superficial y costos operativos bajos. La planta cervecera dispone de espacio y recursos para poder implementar este sistema.
- Se debe realizar estudios sobre el riego de cultivos con agua residual tratada en un reactor UASB, así como sobre las posibilidades del uso del efluente de un reactor UASB para su aplicación en proyectos y planes de forestación.
- El sistema UASB ha demostrado ser muy eficiente para el tratamiento de este tipo de aguas en los siguientes aspectos: Reducción de la contaminación del agua y la producción de gas metano.
- El sistema UASB reducen los compuestos orgánicos a metano en un 70 a 80%, a bióxido de carbono en 20 a 30%; siendo este biogas – el metano – una fuente excelente de energía que puede ser aprovechado en los servicios de la planta (Calderas, comedor, etc).
- De acuerdo al estudio realizado en la Planta de mediciones de DBO, DQO, Aceites y Grasas, Sólidos Totales Sedimentables y flujo de efluentes; el reactor UASB deberá ser rectangular, con 5 m. de altura, 30 m. de largo y 20 m. de ancho.

**CAPITULO IV Diseño y Construcción de un Reactor UASB**

<http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/manuales/tesis/uasbIII.asp>

**CAPITULO V Evaluación del Reactor UASB**

<http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/manuales/tesis/uasbIV.asp>

**Materias Primas (Cervecería)**

<http://www.geocities.com/haldon.geo/>

“Tecnología granular anaerobia del reactor de la cama del lodo”

[www.uasb.org/discover/agsb.htm](http://www.uasb.org/discover/agsb.htm)

**D.S. No. 003-2002-PRODUCE**

“Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las Actividades Industriales de Cemento, Cerveza, Curtiembre y Papel”

[http://www.produce.gob.pe/industria/ambiente/ecas\\_lmp/lmp\\_ds003\\_2002\\_produce.pdf](http://www.produce.gob.pe/industria/ambiente/ecas_lmp/lmp_ds003_2002_produce.pdf)

“ANEXO 1. Límite Máximo Permissible de Efluentes para Alcantarillado de las Actividades de Cemento, Cerveza, Curtiembre y Papel”

[http://www.produce.gob.pe/industria/ambiente/ecas\\_lmp/lmp\\_ds003\\_2002\\_produce.pdf](http://www.produce.gob.pe/industria/ambiente/ecas_lmp/lmp_ds003_2002_produce.pdf)

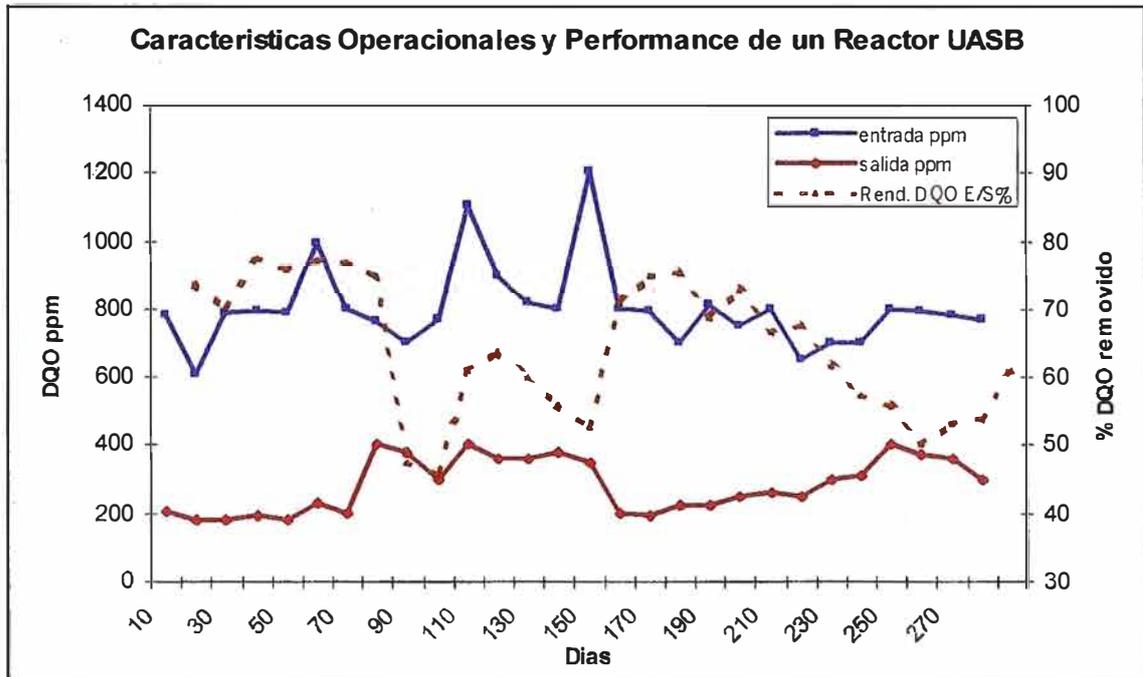
## CAPITULO IX

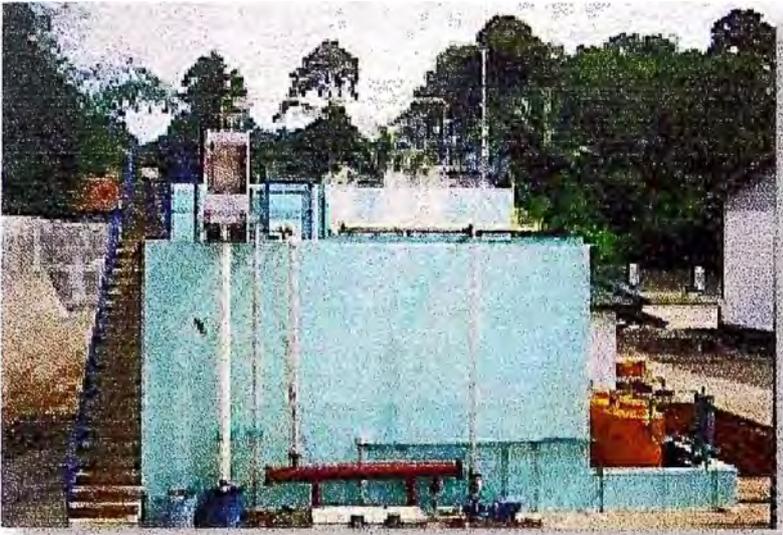
### ANEXOS

#### ANEXO I. Tratamiento Aerobio versus Tratamiento Anaerobio

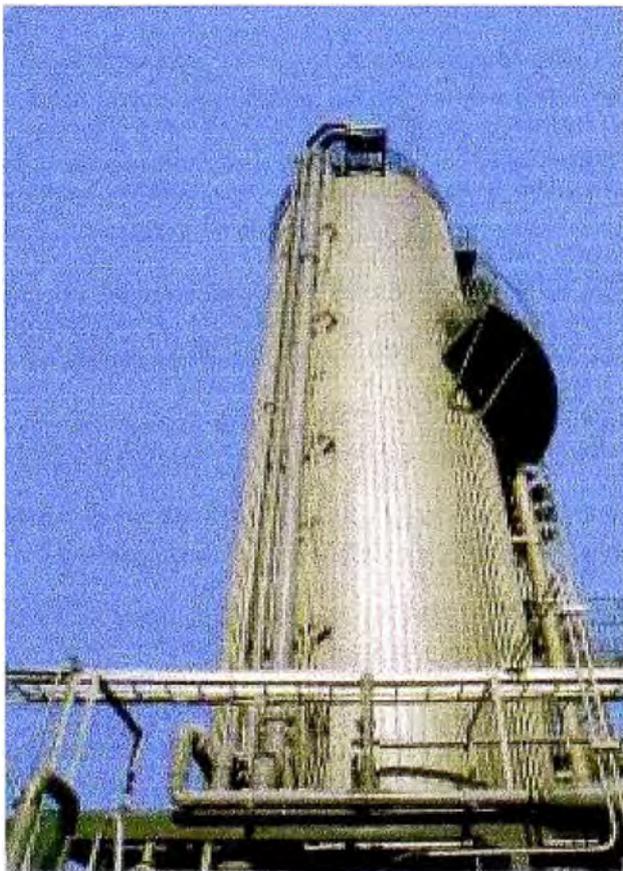
Aerobio	Anaerobio
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ $\Delta G^\circ = -2840 \text{ KJ/mol gluc}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor eficiencia de remoción.</li> <li>• Operatividad comprobada.</li> <li>• 50% de C es convertido en <math>\text{CO}_2</math>, 40-50% es incorporado dentro de la masa microbiana.</li> <li>• 60% de la energía es almacenada en la nueva biomasa, 40% se pierde como calor.</li> <li>• Ingreso de elevada energía para aireación.</li> <li>• Limitación de cargas orgánicas.</li> <li>• Se requiere adición de nutrientes.</li> <li>• Requerimiento de grandes áreas.</li> <li>• Sensible a economía de escala.</li> <li>• Periodos de arranque cortos.</li> <li>• Tecnología establecida.</li> </ul>	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 3 \text{CH}_4$ $\Delta G^\circ = -393 \text{ KJ/mol gluc}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor producción de lodos.</li> <li>• Menores costos de operación.</li> <li>• 95% de C es convertido en biogás; 5% es transformado en biomasa microbiana.</li> <li>• 90% de la energía es retenida como <math>\text{CH}_4</math>, 3-5% se pierde como calor, 5-7% es almacenada en la biomasa.</li> <li>• No requiere de energía.</li> <li>• Acepta altas cargas orgánicas.</li> <li>• Degrada compuestos policlorados.</li> <li>• Requerimiento bajo de nutrientes.</li> <li>• Se requiere pequeña área superficial.</li> <li>• Largos periodos de arranque.</li> <li>• Recientemente establecida, todavía bajo desarrollo para aplicaciones específicas</li> </ul>

## ANEXO II Características Operacionales y Performance de un reactor UASB



**ANEXO III TIPOS DE REACTORES UASB****REACTOR  
RECTANGULAR**

Sinar Sosro Pandeglang,  
Indonesia  
Tea beverages wastewater  
Anaerobic ENVIROASIA-UASB  
+ aerobic  
activated sludge plant  
(capacity: 600 kg COD/day)

**REACTOR  
CIRCULAR**

**ANEXO IV : DECRETO SUPREMO  
N° 003-2002-PRODUCE**

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

**CONSIDERANDO**

Que, el Artículo 2º inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, establece en el Artículo I de su Título Preliminar, que es obligación de todos la conservación del ambiente y, en particular del Estado, la prevención y control de la contaminación ambiental;

Que, de acuerdo con el artículo 50º del Decreto Legislativo N° 757, "Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada", las Autoridades Sectoriales Competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, son los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas;

Que, de conformidad con los artículos 4º y 5º de la Ley N° 27789, corresponde al Ministerio de la Producción proponer políticas y normas de protección del medio ambiente y recursos naturales aplicables a las actividades industriales manufactureras, supervisando su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, se aprobó el Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera, el cual establece las obligaciones que deben cumplir las empresas industriales manufactureras para prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, para lo cual sin embargo se requiere determinar los límites máximos permisibles de contaminación ambiental;

Que, por Decreto Supremo N° 044-98-PCM se aprobó el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, el mismo que establece que el estudio para definir la propuesta de LMP será desarrollado por el Sector asignado en el Programa Anual de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, y sometido a consulta pública para su posterior aprobación mediante Decreto Supremo con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

Que, la Resolución Presidencial N° 088-99-CONAM/PCD que aprobó el Programa Anual 2000, autorizó la formulación de la propuesta de Límites Máximos Permisibles aplicables a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel;

Que, se ha cumplido con los trámites y requisitos establecidos en la normatividad vigente, contándose con la recomendación de la Comisión Ambiental Transectorial para su aprobación;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del Artículo 118º de la Constitución Política del Perú y el inciso 2) del Artículo 3º del Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo; y,

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

**DECRETA:**

**Artículo 1º.- Alcance.**

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas con instalaciones existentes o por implementar, que se dediquen en el país a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

**Artículo 2º.- Glosario de Términos.**

Para los efectos de la presente norma se considera:

**Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos.

**Límite Máximo Permissible de Efluentes para alcantarillado:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan al alcantarillado, que al ser excedido puede ocasionar daños a la a la Infraestructura del Sistema de Alcantarillado y procesos de tratamiento de las aguas servidas, y consecuentemente afectación a los ecosistemas acuáticos y salud de las personas.

**Límite Máximo Permissible de Efluentes para aguas superficiales:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o sustancias en los efluentes que se descargan a las aguas superficiales, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, los ecosistemas acuáticos y la infraestructura de saneamiento, que es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

**Límite Máximo Permissible para emisiones de los hornos:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos o compuestos de los hornos que se descargan al ambiente, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible.

**Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP):** Es el estudio que se realiza antes de la elaboración del PAMA que contiene los resultados derivados del programa de monitoreo en función a los Protocolos de Monitoreo, con el objeto de evaluar los impactos e identificar los problemas que se estén generando en el ambiente por la actividad de la industria manufacturera.

**Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA):** Programa que contiene las acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos o que se viertan o emitan al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de desechos y prevenir la contaminación ambiental; y reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Competente.

**Guía de Manejo Ambiental:** Documento de orientación expedido por la Autoridad Competente sobre lineamientos aceptables para los distintos subsectores o actividades de la industria manufacturera con la finalidad de propiciar un desarrollo sostenible.

En consideración a las características distintivas de cada subsector o actividad de la industria manufacturera, la Autoridad Competente podrá preparar Guías de Manejo Ambiental aplicables solamente a uno o más de éstos.

**Guía de Buenas Prácticas:** Documento que permite identificar oportunidades de mejoras asociadas a la industria manufacturera y describir métodos de operación y prácticas industriales que pueden ser implementadas con el fin de utilizar más eficientemente los recursos, gestionar adecuadamente los residuos y en general reducir los impactos ambientales ocasionados por la industria manufacturera.

**Valor Referencial:** Nivel de concentración de contaminantes o valor de parámetro físico y/o químico que debe ser monitoreado obligatoriamente para el establecimiento de los límites máximos permisibles.

### **Artículo 3º.- Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales.**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Valores Referenciales aplicables por la Autoridad Competente, a las actividades industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel, en los términos y condiciones que se indican en el Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

### **Artículo 4º.- Límites Máximos Permisibles para Actividades en Curso o que se inician.**

Los Límites Máximos Permisibles aprobados son de cumplimiento obligatorio e inmediato para el caso de las actividades o instalaciones industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y papel que se inician a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Tratándose de actividades en curso a la fecha de vigencia de la presente norma, los Límites Máximos Permisibles deberán ser cumplidos en un plazo no mayor de cinco (05) años, que excepcionalmente podrá ser extendido por un plazo adicional no mayor de dos (02) años, en los casos en los cuales los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental prioricen acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las Guías de Manejo Ambiental. El Ministerio de la Producción determinará en forma particular, los plazos que corresponde a cada titular de la actividad manufacturera, al momento de la aprobación del respectivo Diagnóstico Ambiental Preliminar o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental, según corresponda.

#### **Artículo 5°.- Valores Referenciales para curtiembre y papel**

Los Valores Referenciales establecidos para el caso de las actividades industriales manufactureras de curtiembre y papel, serán evaluados con la información generada a través de informes de monitoreo, a fin de determinar su idoneidad o necesidad de efectuar ajustes y darles posteriormente el carácter de Límites Máximos Permisibles.

En la revisión de los Valores Referenciales se tomará en cuenta la información proveniente de los estudios ambientales presentados ante el Ministerio de la Producción y de las correspondientes acciones de fiscalización realizadas.

#### **Artículo 6°.- Programas de Monitoreo para los subsectores cemento y papel.**

Las empresas del Subsector Cemento deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para el parámetro  $SO_2$ , con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026 –2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita establecer el Límite Máximo Permisible para este parámetro.

Las empresas del Subsector Papel, según corresponda de acuerdo a su proceso, deberán desarrollar un Programa de Monitoreo de dos años para los parámetros  $H_2S$ , Cloro y Amoníaco, con una frecuencia semestral, según lo establecido en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026 –2000-ITINCI-DM; a fin de contar con la línea base correspondiente que permita determinar los Límites Máximos Permisibles para estos parámetros.

El Ministerio de la Producción en casos justificados podrá determinar una frecuencia trimestral para la realización de los monitoreos.

#### **Artículo 7°.- Diagnóstico Ambiental Preliminar**

Las empresas industriales manufactureras en actividad de los Subsectores cemento, cerveza y papel, deberán presentar un Diagnóstico Ambiental Preliminar al Ministerio de la Producción, para lo cual dentro del plazo de treinta (30) días útiles de publicado el presente Decreto Supremo, comunicarán a la autoridad competente el nombre de la empresa de consultoría ambiental debidamente registrada, a la que el titular de la actividad manufacturera hubiese contratado para cumplir con lo dispuesto en la presente norma.

La referida comunicación deberá precisar la fecha de inicio del monitoreo necesario para la formulación del correspondiente DAP, documento este último que deberá ser presentado en un plazo no mayor de treinta (30) días útiles de concluido el monitoreo.

La fecha de inicio del monitoreo a que se refiere el párrafo precedente deberá concretarse dentro del plazo máximo de noventa (90) días calendario de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

Para el caso de las empresas pertenecientes al sub sector curtiembre, el Ministerio de la Producción propondrá posteriormente las medidas preventivas, de mitigación y/o correctivas a ser implementadas a corto plazo.

#### **Artículo 8°.- Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).**

Las empresas que en cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto Supremo y que como resultado de la evaluación de su DAP deban ejecutar un PAMA u otras medidas de adecuación ambiental, están obligadas a presentar informes semestrales al Ministerio de la Producción, dando cuenta de los monitoreos efectuados y del cumplimiento de sus obligaciones de adecuación ambiental.

El Ministerio de la Producción en función a la complejidad de los distintos casos, determinará el plazo para la formulación y presentación de los respectivos PAMA.

**Artículo 9°.- Micro y Pequeña Empresa Industrial.**

De conformidad con lo establecido en el Artículo 8° del Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI, la micro y pequeña empresa industrial está obligada a cumplir lo dispuesto en la presente norma, pudiendo hacerlo en forma colectiva por grupo de actividad industrial, por concentración geográfica u otros criterios similares, previa conformidad expresa del Ministerio de la Producción.

**Artículo 10°.- Empresas con PAMA aprobados.**

Las empresas comprendidas en el presente Decreto Supremo que a la fecha tengan aprobado o se encuentren ejecutando un PAMA u otros estudios de adecuación ambiental similares, adecuarán sus LMP a los establecidos en la presente norma, sin perjuicio de las condiciones y plazos en ellos establecidos. En casos debidamente acreditados, se podrá obtener plazos especiales de adecuación.

**Artículo 11°.- Plazo de adecuación.**

El plazo de adecuación no excederá de 5 años contados a partir de la aprobación del PAMA respectivo; pudiendo ser extendido por un plazo no mayor de 2 años, en los casos en que los PAMAs contengan acciones destinadas a promover métodos de prevención de la contaminación y respondan a los objetivos de protección ambiental contenidos en las guías de manejo ambiental. El PAMA contará con un Cronograma detallado de cumplimiento para su respectivo seguimiento.

**Artículo 12°.- Del incumplimiento de las disposiciones.**

Los casos de incumplimiento serán tratados conforme al Régimen de Sanciones e Incentivos del Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades en la Industria Manufacturera, aprobado mediante Decreto Supremo N° 025-2001-ITINCI.

**Artículo 13°.- Refrendo.**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y por el Ministro de la Producción y entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

**DISPOSICION COMPLEMENTARIA:**

**PRIMERA.-** Los Valores Referenciales establecidos en el Anexo N° 2 para los Subsectores de Curtiembre y Papel, tendrán un periodo de vigencia de 2 años a partir de la fecha publicación de la presente norma, debiendo los titulares de dichas empresas realizar un programa de monitoreo de 2 años, con una frecuencia semestral. Posteriormente, entrarán en vigencia los Límites Máximos Permisibles que durante este periodo el Ministerio de la Producción establezca en base a los monitoreos y estudios realizados. Para tal efecto, los titulares de las empresas deberán presentar reportes de medición de los parámetros establecidos, de acuerdo a lo dispuesto en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones de Efluentes Líquidos aprobado mediante Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM.

**SEGUNDA.-** Los LMP para el subsector papel, en cuanto a los parámetros de partículas, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y VOC, serán propuestos en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y demás sectores involucrados, a partir, entre otros, de la información resultante de la implementación del Proyecto "Eficiencia Energética de los Calderos Industriales", el cual comprende a todos los Sectores que utilizan calderos en sus procesos productivos.

**TERCERA.-** El Decreto Supremo No. 028-60 del 29.11.60 "Reglamento de Desagues Industriales" se mantiene vigente en todo lo que no se oponga a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo. Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los tres días del mes de octubre del año dos mil dos.

**ALEJANDRO TOLEDO**

Presidente Constitucional de la República

**LUIS SOLARI DE LA FUETE**

Presidente del Consejo de Ministros

**EDUARDO IRIARTE JIMÉNEZ**

Ministro de la Producción

## ANEXO 1

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO  
DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE**

PARAMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9		6.0 - 9.0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)	-							3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N - NH <sub>4</sub> (mg/l)								30
Coliformes Fecales, NMP/100ml							*	*

\* En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para éste parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de éste LMP.

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA AGUAS SUPERFICIALES  
DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE**

PARAMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	50	30	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50
Sulfuro (mg/l)							1	0.5
Cromo VI (mg/l)							0.3	0.2
Cromo Total (mg/l)							2.5	0.5
Coliformes Fecales, NMP/100 ml							4000	1000
N - NH <sub>4</sub> (mg/l)							20	10

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

\*\* Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.