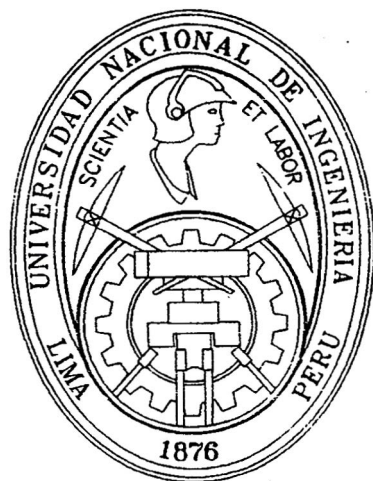


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y TEXTIL**



**“CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE  
PRODUCIDO POR EL PROCESO DE SECADO DE  
LA HARINA DE PESCADO TIPO ESTANDAR”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE  
CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR**

**ALVA GORDILLO EDDIE CARLO**

**LIMA – PERU**

**2003**

## Dedicatoria

*A mis amados padres Jesús y Gerardo, por sus sabios consejos que me dieron, por la libertad de elegir que me regalaron y los pilares humanos que de ellos aprendí, ello constituye la directriz de mi vida.*

*A mis hermanos: Roxana, Luby, Milko y Eduardo, para que estemos siempre unidos.*

*A la memoria de Maria Magdalena que tu recuerdo nunca lo olvide.*

*Dios y Jesucristo nos bendiga a todos.*

## **RESUMEN**

El presente trabajo esta referido a la contaminación ambiental por parte de la industria pesquera cuando procesa pescado, especialmente anchoveta, se tiene contaminantes líquidos y gaseosos.

El trabajo esta referido a la contaminación del aire y es a través de la etapa de secado que se produce la mayor parte de ella, aquí se presentan dos métodos de control de este problema, son el método de incineración y el de absorción de gases, por medio de una torre empacada que emplea agua de mar para bajar la temperatura de los gases del ciclón de secado, los datos además de ser poco comprobados son así mismo escasos, se han tomado de bibliografías, así como de los manuales y conocimientos de ingenieros y técnicos de alta experiencia en el rublo.

La dificultad de estos datos tiene su razón en la temperatura de salida que tienen los gases de secado, son pocos los esfuerzos que se hacen por conocerlos, sin embargo se han logrado rescatar algunos de ellos, y con ello se ha elaborado mediante una adecuación alternativas de solución.

Como resumen tenemos que se de las dos alternativas propuestas, la que se adecua a la realidad actual peruana es la de absorción de gases.

## INDICE

### RESUMEN.

#### I INTRODUCCION.

#### II OBJETIVOS GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 2.1 Objetivo General.
- 2.2 Objetivo Especifico.

#### III UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.

#### IV DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO.

- 4.1 Ambiente Físico.
- 4.2 Ambiente Biológico.
- 4.3 Ambiente Socio Económico y Cultural.

#### V DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, PRODUCTO PRINCIPAL Y SECUNDARIO.

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Descripción del Proceso.
  - 5.2.1 Balance de materia
  - 5.2.2 Rendimiento de Producción.
    - 5.2.2.1 Rendimiento en harina.
    - 5.2.2.2 Rendimiento en aceite.
  - 5.2.3. Descripción del Proceso de Elaboración
    - 5.2.3.1 El Almacenamiento de la Materia Prima.
    - 5.2.3.2 Recepción de la Materia Prima.
    - 5.2.3.3 Transporte del Pescado de las pozas.
    - 5.2.3.4 Cocinado de pescado.
    - 5.2.3.5 Drenado del Pescado Cocido.
    - 5.2.3.6 Prensado del Pescado.
    - 5.2.3.7 Separación de Sólidos y Líquidos del caldo de Prensa.
    - 5.2.3.8 Separación del aceite Centrifugado.
    - 5.2.3.9 Concentración del Agua de Cola.
    - 5.2.3.10 Operación de Secado en Serie.
    - 5.2.3.11 Molienda de La Harina.
    - 5.2.3.12 Transporte Neumático.
    - 5.2.3.13 Adicionamiento de Antioxidante.
    - 5.2.3.14 Envasado de la Harina de Pescado.
    - 5.2.3.15 Almacenamiento de la Harina de pescado.
  - 5.2.4. Diagrama de Flujo del Proceso.

- 5.3 Producto Principal.
- 5.4 Producto Secundario.

## **VI IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS CONTAMINANTES.**

- 6.1 Contaminación del Aire.
- 6.2 Contaminación del Medio Acuático.

## **VII CONTAMINACION AMBIENTAL ATMOSFERICA.**

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Procedencia de los malos olores.
- 7.3 La proteína como fuente del mal olor.
  - 8.3.1 Rigor Mortis.
  - 8.3.2 Alteraciones Bioquímicas.
  - 8.3.3 Alteraciones Microbiológicas.
- 7.4 Almacenamiento del Pescado Crudo.
- 7.5 Los cocinadores.
- 7.6 Las Prensas.
- 7.7 Los transportadores.
- 7.8 Líquido de prensas.
- 7.9 Proceso de aceite y almacenamiento.
- 7.10 El secador.
- 7.11 Los ciclones de Ensaque.
- 7.12 Almacenamiento de la Harina de Pescado.

## **VIII LIMITE MÁXIMOS PERMISIBLES.**

- 8.1 Estándares de Calidad Ambiental del Aire
  - 8.1.1 Nacional.
  - 8.1.2 Internacional.
- 8.2 Aplicación al Sector.
- 8.3 Aplicaciones y Disposiciones Ministeriales

## **IX METODOS DE TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GASEOSOS A LA SALIDA DE LA OPERACIÓN DE SECADO DE LA HARINA DE PESCADO.**

- 9.1 Generalidades
- 9.2 Control por el Método de Incineración.
  - 9.2.1 Características y Cálculos de una Cámara de Incineración.
  - 9.2.2 Especificaciones Técnicas para Incineradores de Gases.

- 9.3 Control por el Método de Absorción.
  - 9.3.1 Cálculos.
  - 9.3.2 Diseño de una torre de absorción.
    - 9.3.2.1 Consumo de agua de mar.
    - 9.3.2.2 Análisis de los gases de entrada.
      - 9.3.2.2.1 Peso molecular de los gases de entrada.
      - 9.3.2.2.2 Flujo de los gases de entrada.
      - 9.3.2.2.3 Densidad de los gases de entrada.
    - 9.3.2.3 Calculo del área y el diámetro de la torre lavadora.
    - 9.3.2.4 Calculo de la altura de la zona de enfriamiento.
    - 9.3.2.5 Calculo de la altura de la zona de absorción.
  - 9.3.3 Especificaciones técnicas para torres de absorción.

## X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 10.1 Conclusiones.
- 10.2 Recomendaciones.

## XI BIBLIOGRAFÍA.

## ANEXOS.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION.**

La industria de Harina de Pescado es una fuente importante de divisas al estado, crea trabajo directo e indirecto, y ayuda a los empresarios, empleados, trabajadores y personas relacionadas a este rubro a continuar con la tarea de mejora del país. Pero, así como es portadora de soluciones para el bien nacional crea paralelamente problemas de índole contaminante a su medio ambiente en la cual se desenvuelve, produciendo efectos de impacto ambiental en las aguas costeras y el aire atmosférico de una gran región en la cual se la ubica.

La industria de harina de pescado da lugar a una fuerte fuente de contaminación del aire, en su proceso de secado, la mayoría de empresas pesqueras secan el producto en la forma de fuego directo, produciendo una instantánea evaporación, que dado el volumen de producción entrega a la salida un alto contenido de vapor de agua, así como partículas contaminantes que escapan a la atmósfera. Además, se tiene una fuerte influencia en la población costera que se ve afectada por los olores y sensaciones que esta produce, si bien no se tiene a la fecha un estudio que demuestre que la contaminación atmosférica es la causante principal de alergias y enfermedades, se sospecha desde hace buen tiempo que esto sea cierto. Este trabajo esta enfocado en ese problema, se tiene una recopilación de las alternativas sobre estudios y aportes para la solución del problema ambiental en la parte de contaminación del aire, adaptada a la problemática ambiental en la industria de la harina de pescado.

La elaboración del trabajo se direcciona a la mayor de todas las fuentes en el proceso de fabricación de harina de pescado: los gases expelidos por el ciclón a la salida del proceso de secado de la harina. La falta de datos y trabajos al respecto, han hecho prestar atención al respecto, a esta problemática que se esta dejando para el final, si bien se tienen ya procesos de relativo éxito, es escaso el número de empresas que han optado por solucionar este problema; las empresas

que han afrontado este problema han obteniendo una gran mejora en el ambiente no solo externo a la planta, sino también dentro de ella.

La problemática de contaminación ambiental del aire es un tema que se debería tener más en cuenta, dado que son muchas veces el aire el que dispersa los contaminantes en áreas muy vastas y extensas, luego difíciles de controlar.



## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS.**

#### **2.1 OBJETIVOS GENERALES.**

Este trabajo busca difundir la conciencia de conservación ambiental en el país, ya sea hacia el empresario, el profesional o el empleado. Se tiene una gran preocupación por el impacto que genera la industria cuando no se toman medidas de adecuación ambiental, generando a mediano y largo plazo degeneración de los elementos que interactúan en el medio ambiente cercanos o lejanos a la actividad industrial humana, los elementos involucrados suelen ser globales, se impacta de manera directa en la población humana, en su salud y su mente, lo mismo ocurre con la fauna, cuyo impacto está más afectado, dado que la cadena alimenticia llega a sufrir las mayores consecuencias, incluso los elementos inanimados se ven distorsionados, afectados a grado tal que se llegan a degradar de manera muy acelerada.

La parte invisible, la económica, es también alterada, los vientos cambian sus propiedades; los suelos y aguas se encuentran distorsionados en sus características, derivando en resultados de bajos rendimientos a los que normalmente se acostumbra obtener.

Es así que el principal motivo de este trabajo es enfocar nuestra atención en la parte ecológica que todos estamos involucrados.

#### **2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.**

El objetivo específico de este informe es la parte de conservación ambiental atmosférica, es decir la contaminación del aire por parte de la industria harinera de pescado, ella contamina en su proceso de secado a fuego directo el aire, lo hace en la salida de gases que se generan en el secador, es tal el problema

que se llega a sentir un fuerte y penetrante olor a muchos kilómetros del punto de emisión y el área que abarca es bastante extenso. Es pues, la intención reunir información, la cual es muy escasa a la fecha y dar solución primaria a este problema, dejando para los futuros ensayos e investigaciones un aporte que lleve a una solución total de este problema.

## **CAPITULO III**

### **UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.**

Las 147 empresas pesqueras que actualmente operan produciendo harina de pescado están ubicadas a lo largo del litoral peruano, a unos 100 a 200 metros de la ribera costera y si bien están separadas unas de otras tienden a agruparse por la necesidad de compartir un muelle, acceso de carreteras, y cercanías de poblaciones que proporcionen alojamiento y recursos humanos para su desenvolvimiento. El litoral costero peruano es bastante grande en extensión, tiene unos 3080 Km. de longitud, así tenemos ciudades y pueblos que satisfacen estas necesidades, el Puerto de Chimbote es el mejor ejemplo de ello, allí se concentra la mayor cantidad de fabricas harineras que existe en el país, sin embargo, hay otros puertos como el Callao, Huarmey, Casma, Supe, Huacho, Tambo de Mora , Pisco, Ilo, Salaverry, Mollendo y otros mas que albergan a estas empresas harineras.

Hasta los años 70 se podían encontrar fabricas harineras localizadas lejos de la costa, esto se hacía sin tomar en cuenta el factor transporte de la materia prima y por disposiciones gubernamentales que prohibían se construyese fabricas cercanas de las costas peruanas. Es a raíz del boom pesquero que el gobierno dispone que se pueda construir fabricas cerca de la costa, amparados en la mejora del producto final y por los estudios realizados sobre la descomposición de la materia prima conforme pasan las horas desde que es capturado.

La localización esta hecha tomando en cuenta la concentración de cardumen de pescado histórica en sus cercanías; el factor estratégico se ve también incluido, dado que en el país se tiene épocas de veda, puertos como Ilo y Paita no están afecto a esto, lo que posibilita que la planta pesquera se mantenga todo el año en operación, entregando mayor cantidad de producción. Como ya se mencionó, la ubicación se hace en la cercanía de la ribera, dado que los equipos de bombeo necesitan de mayor fuerza para llevar el pescado a planta desde las chatas, se tiene una tendencia a acercar la planta lo mas próximo a la bahía, y de

este modo, el pescado tendrá menor deterioro en su transporte, mejorando la calidad de la harina. El impedimento de situarla en la misma playa esta en las disposiciones de las leyes peruanas que no permiten se negocie propiedad alguna en las bahias y playas mismas de nuestra costa.

## **CAPITULO IV**

### **DESCRIPCION DEL ENTORNO**

#### **4.1 AMBIENTE FISICO.**

El ambiente físico, es el ambiente de las playas y riberas costeñas del país, es una región desértica de forma natural, los rasgos ambientales que le dan unidad son la aridez de su suelo y el clima, que es cálido y húmedo. El mar es la región que se extiende a todo el oeste de la costa peruana. En la región costera hay permanente presencia humana, la cual propicia una serie de cambios, se aprecia construcciones nobles de poblaciones humanas, muelles o sistemas de rompeolas; pistas y carreteras que unen la industria con las ciudades y pueblos costeros, se cuentan con servicios como electricidad, agua potable, alcantarillado público y teléfono.

#### **4.2 AMBIENTE BIOLÓGICO.**

El ambiente biológico es muy diverso y está dividido en el medio marino y el medio terrestre de sus costas. En el marino podemos observar una gran variedad de especies acuáticas que conviven y se desarrollan gracias a la riqueza del plancton, entre ellas la anchoveta. En el medio terrestre costero, tenemos a las aves marinas y la presencia humana que es la que mayor impacta en el medio biológico.

#### **4.3 AMBIENTE SOCIO- ECONOMICO Y CULTURAL.**

En el aspecto socio- económico se tiene un nivel medio a bajo, pero que se mejora con la presencia de la industria harinera, la vivienda del pequeño propietario de estos lugares es limitado por sus recursos económicos, se caracteriza por su constante modernización. El nivel cultural es en promedio medio bajo, las personas son alfabetos en su mayoría, con poca presencia de personas de instrucción superior y técnica.

## **CAPITULO V**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, PRODUCTO PRINCIPAL Y SECUNDARIO.**

#### **5.1 GENERALIDADES.**

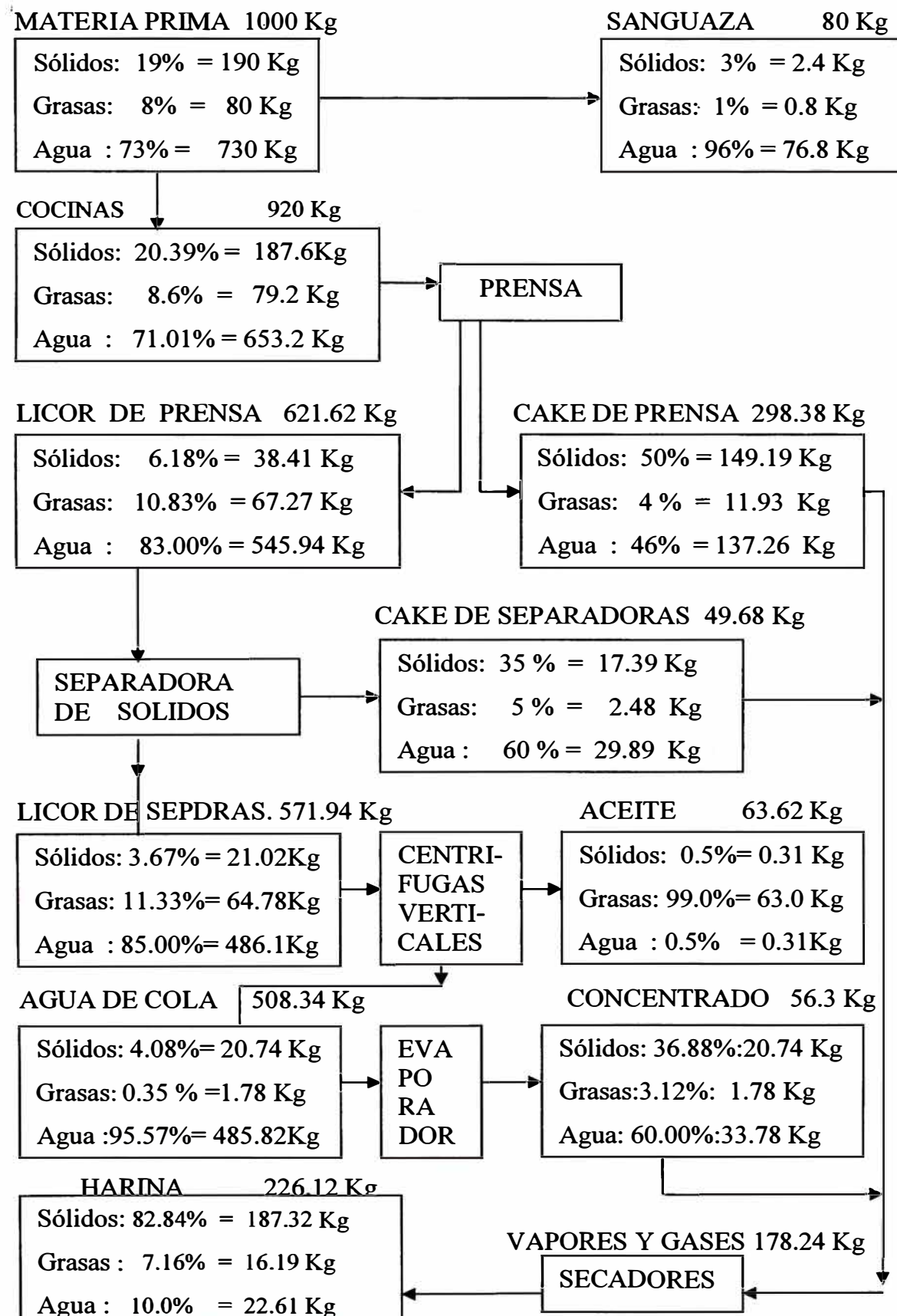
La producción de una harina de buena calidad, fundamentalmente, depende de la frescura de la materia prima que ingresa al proceso en sí; por lo tanto, es necesario poner especial atención en aquellas operaciones que más influyen en el deterioro del pescado; siendo estas aquellas generadas en el momento de la captura, transporte en las embarcaciones, descarga del pescado a las fábricas, manipuleo y almacenamiento del pescado en pozas. No basta con disponer de equipos de tecnología de avanzada para producir harinas de calidad, es indispensable contar con una materia prima fresca; para ello es necesario implementar un sistema de conservación tanto en la bodega de la embarcación como en la poza de almacenamiento y a la vez que posibilitar un suave manipuleo del pescado durante la descarga del mismo.

#### **5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

##### **5.2.1 BALANCE DE MATERIA.**

En el siguiente cuadro se presenta un balance de materia cuya base es de 1 tonelada de pescado (anchoveta) de una composición promedio de 19 % de sólidos, 8% de grasa y 73 % de agua; así mismo, se considera que tanto la cocción como el calentamiento de licores es totalmente indirecto.

## BASE : 1 TON. DE ANCHOVETA



## **5.2.2 RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN.**

Los rendimientos en harina y aceite dependen de los siguientes factores:

- a. Composición química del pescado.
- b. Estado de frescura del pescado procesado.
- c. Eficiencia de las operaciones del proceso productivo.

En las plantas harineras, los rendimientos de producción <sup>(1)</sup> o como a veces se denomina el factor de conversión pescado / harina o aceite se expresa de varias formas:

**5.2.2.1 Rendimientos en harina:** Es la relación existente entre la materia prima comprada y la harina producida.

El rendimiento se puede expresar de 3 maneras:

- a) Kilogramos de harina / Tonelada de pescado.
- b) Toneladas de pescado / Tonelada de harina.
- c) Porcentaje de harina producida con respecto al pescado adquirido.

**5.2.2.2 Rendimientos en aceite:** Es la relación entre la materia comprada y el aceite recuperado de éste. Se puede expresar de dos maneras:

- a) Kilogramos de aceite / Tonelada de pescado.
- b) Porcentaje de aceite producido respecto al pescado adquirido.

Así por ejemplo, en el balance de materia planteado los rendimientos teóricos, sin recuperación de sanguaza, son de 22,612 % en harina y 6,362 % en aceite y en caso de recuperar la totalidad del "agua de sangre" estos aumentarán a 22,91 % y 6,442 % respectivamente (esto sin considerar pérdida alguna durante el proceso). Cuando se presenta una materia con sólidos y grasa por encima de lo normal se incrementaran los rendimientos; así, en caso de tener pescado con 21,2 % de sólidos y 11,5 % de grasa el máximo rendimiento que podría obtenerse teóricamente es de 26,5 % en harina (con 10 % de agua y 10 % de grasa) y 8,85 % en aceite; en la práctica ello no es posible porque



el pescado procesado luego de aproximadamente 15 horas de almacenado se encuentra en estado de descomposición y como tal está perdiendo sólidos y grasa en la sanguaza y como materia volátil; en consecuencia, los rendimientos prácticos se encontrarán alrededor del 23 % en harina y de 7,5 % en aceite.

### **5.2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN.**

**5.2.3.1 El almacenamiento de la materia prima.** Se realiza a granel en las bodegas de las embarcaciones bolicheras. La distancia de la zona de pesca a la planta son variables fluctuando el tiempo que demora en transportarla entre una hora y diez horas de viaje.

**5.2.3.2 Recepción de la materia prima en planta.** La materia prima es descargada en la chata, y de esta se envía a las pozas, actualmente existen dos tipos de sistemas de descarga: el tradicional, efectuado con un equipo que cuenta con una bomba centrífuga con impulsor de bronce, está bombea la materia prima empleando agua de mar, en una proporción de 2.5 partes de agua por una de pescado. La segunda alternativa actualmente empleada es la de bombas de descarga presión- vacío, este sistema moderno hace la succión por medio de vacío e impulsa el pescado con agua y aire, en el que no hay contacto de la materia prima con ningún elemento metálico que lo maltrate, este sistema utiliza 0.5 partes de agua por una de pescado.

**5.2.3.3 Transporte de pescado de las pozas.** De las pozas se extrae el pescado mediante el transportador helicoidal que a su vez alimenta a los elevadores de paletas que alimenta a la tolva de distribución hacia los cocinadores.

**5.2.3.4 Cocinado de pescado.** El pescado es sometido a la operación de cocinado en cocinadores mixtos (vapor directo e indirecto), consiguiéndose la coagulación de las proteínas.

**5.2.3.5 Drenado del pescado cocido (pre strainer).** El pescado cocido atraviesa el pre strainer que esta formado por una malla rotatoria, separándose la fase sólida de la líquida.

**5.2.3.6 Prensado del pescado.** La fase sólida del pescado cocido ingresa a la prensa donde se reduce el porcentaje de humedad hasta el 50%. Al ser estrujado el pescado por la prensa se separa el líquido, el cual es mezclado con un líquido del pre strainer y a ambos se le conoce como caldo de prensa.

**5.2.3.7 Separación de sólidos y líquidos del caldo de prensa.** El caldo de prensa es alimentado a las separadoras de sólidos, que son centrífugas horizontales donde se recuperan los sólidos en suspensión, los cuales serán incorporados a la torta de prensa y la fase líquida se alimenta a la centrífuga.

**5.2.3.8 Separación del aceite centrifugado.** El caldo de separadoras es calentado a 95°C y pasa a las centrífugas, en ellas se recupera el aceite crudo (que va a los tanques de almacenamiento) y el agua de cola ( de una concentración en sólidos de 6 a 7%), esta es luego enviada a la planta evaporadora, que llegara a concentrar, mediante evaporación en serie los sólidos.

**5.2.3.9 Concentración del agua de cola.** El agua de cola es alimentada a la planta evaporadora, que opera a vacío, reduciendo su contenido de 92 a 62% mediante la acción del vapor suministrado por los calderos. El concentrado final será de un 40 a 43% de sólidos totales.

**5.2.3.10 Operación de secado en serie.** Las tortas provenientes de las prensas y las separadoras de sólidos pasan por una molienda húmeda antes de ingresar al primer secador.

En el primer secador la harina reduce su humedad, a esta se le incorpora el concentrado de las plantas evaporadoras, incrementando su humedad, luego es alimentada al segundo secador añadiendo nuevamente otro

tanto de concentrado, luego de pasar por este segundo secado se obtiene la harina de forma de escamas (scrap).

**5.2.3.11 Molienda de la harina.** El scrap es pasado por un molino de martillo a fin de ser pulverizado y obtener un diámetro adecuado para las etapas siguientes

**5.2.3.12 Transporte neumático.** Un ventilador centrífugo absorbe el aire y con ello levanta la harina que sale del molino, enviándola hacia el ciclón de ensaque.

**5.2.3.13 Adicionamiento de antioxidante.** La harina es alimentada del ciclón de ensaque a una tolva especial donde se le adiciona el antioxidante cuando esta se encuentra llena.

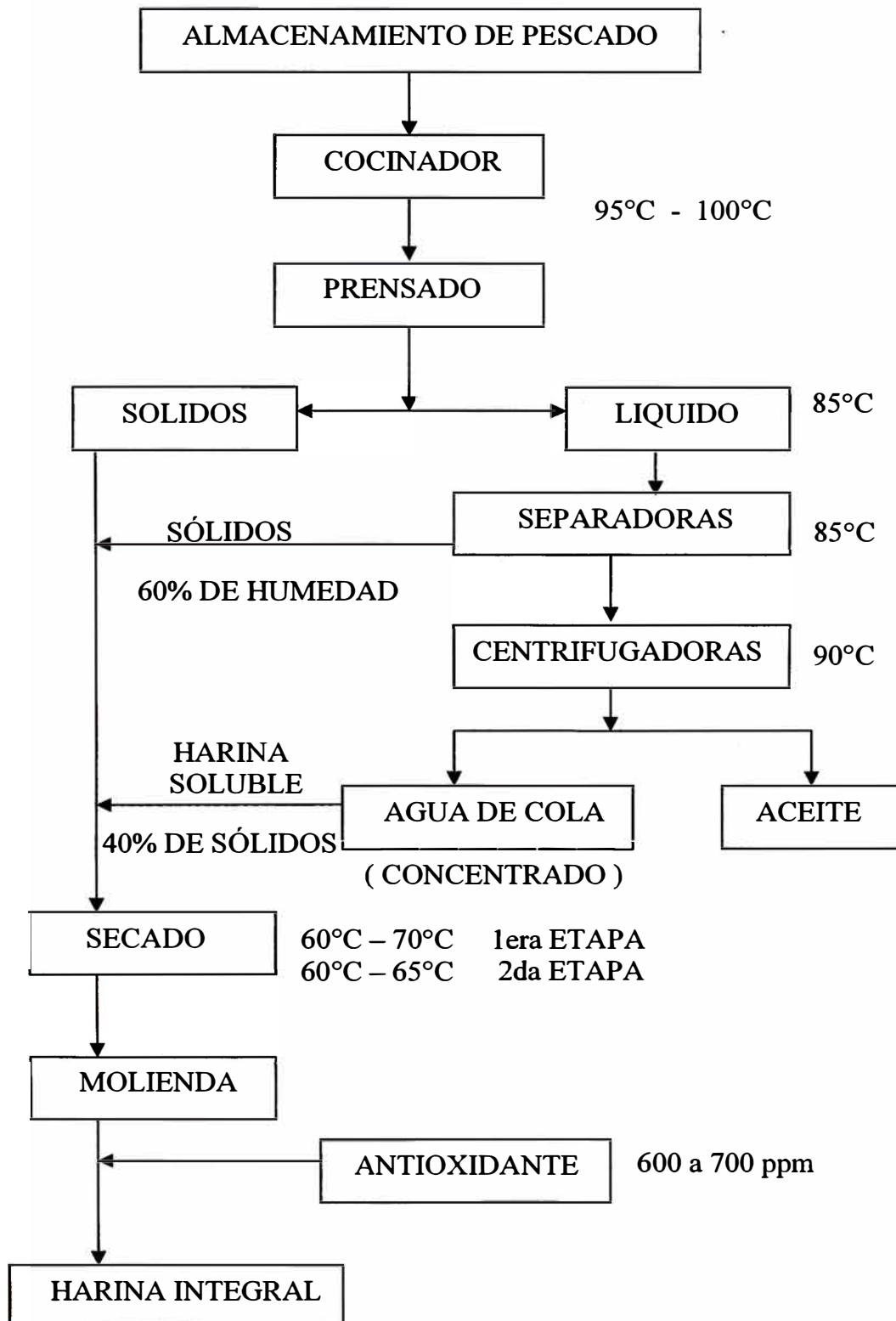
**5.2.3.14 Envasado de la harina de pescado.** Luego de habersele adicionado el antioxidante a la harina, esta es enviada a una tolva que alimenta a una balanza de ensacado automático. Se envasa unos 50 kilos de harina por saco, el pesado es automático, sin embargo el cosido de los sacos llenos se suele hacer manualmente.

**5.2.3.15 Almacenaje de la harina.** Los sacos de harina son apilados en el piso, previamente limpiado y desinfectado, en rumas conformadas por mil sacos, un total de 50 TM.

#### **5.2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.**

Se presenta a continuación:

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO**  
**DE ELABORACION DE HARINA DE PESCADO**



### **5.3 PRODUCTO PRINCIPAL.**

El producto principal obtenido es la harina de pescado.

Hay que indicar que la composición y calidad de la harina de pescado, depende de la frescura de la materia prima con que se procesa, así es que para obtener una buena harina tendremos que contar con pescado fresco, adulto y de buen tenor graso, siendo este de un 7.0 % de grasa. Los parámetros de calidad, exigidos por los compradores en su mayoría extranjeros son:

Humedad	:	10.0 % Máximo.
Grasas	:	12.0 % Máximo.
		( obtenido por el método Soxhlet)
Proteínas Brutas	:	65.0 % Mínimo.
Sal y Arena	:	5.0 % Máximo.

Otros parámetros son:

Densidad	:	0.6 gr. / cc
Cloruros	:	3.0 % máximo.
T.V.N.	:	menor a 150 ppm
Lisina Disponible	:	7 – 7.4 %, mínima.
Histamina	:	menor a 500 ppm
Cloruros	:	3.0 % máximo.
Cenizas	:	15.0 % máximo
Proteínas Solubles	:	18.0 % mínimo
Antioxidante	:	100 – 150 ppm mínimo.
		(al momento de embarque)
E. Coli.	:	3 NMP, máximo
		(NMP = número máximo permisible)

Libre de salmonellas y shigella.

Libre de Asperguillus

#### **5.4 PRODUCTO SECUNDARIO.**

Los productos secundarios pueden ser dos: el primero es el aceite crudo de pescado y el segundo el aceite ácido. Esto depende que haya o no recuperación secundaria, es decir si se realiza o no tratamiento al agua de bombeo empleada para la recepción de la materia prima de las bolicheras y demás embarcaciones pesqueras.

Así pues tenemos dos tipos de aceites obtenidos, el aceite crudo obtenido del proceso normal, retirado mediante acción de centrifugación en separadoras horizontales y luego en centrífugas verticales, cuyas características dependen del estado de la materia prima procesada y de la forma en la que es obtenida, así tenemos como promedio característicos:

Humedad	:	0.5 %
Sólidos máximos	:	0.5%
Acidez, ácidos grasos libres (FFA)	:	3.5% máximo. (expresado en ácido oleico)
Color Gardner	:	14 max

El segundo producto secundario es el aceite ácido, obtenido del agua de agua de bombeo, en un tanque de grandes dimensiones se agrega el agua que viene con la materia prima y este es luego calentado, se le inyecta aire por la parte baja del tanque, de tal manera que se forman burbujas que al elevarse atrapan las grasas y aceites presentes, arrastrándolas hacia la superficie, luego una paleta se encargara de retirar la espuma superior formada. Esta es luego almacenada y calentada en un tanque, para luego ser pasada a una operación de centrifugación donde se separa el aceite del agua que acompaña a esta.

El aceite ácido tiene características similares al aceite crudo de pescado, pero tiene como diferencia la acidez que entrega, así tenemos:

Acidez, ácidos grasos libres (FFA)	:	3.6 % mínimo, (expresado en ácido oleico)
Color Gardner	:	Más alto que el comparador

## **CAPITULO VI**

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS CONTAMINANTES**

Las diversas protestas generadas últimamente debido a la fuerte contaminación de las aguas por los vertidos de las fábricas de harina de pescado, ha motivado que el Ministerio de Pesquería emita disposiciones legales que limiten la emisión de desechos al medio ambiente marino (RM 478-94-PE del 15112/94); estos acontecimientos han hecho resurgir la defensa del ambiente en que vivimos y que desde hace mucho tiempo era motivo de inquietud general. Sin embargo, es necesario recalcar que el problema de contaminación del medio ambiente se debe a una serie de circunstancias y aspectos en que la industria harinera no es la más importante ni única responsable. Como se sabe la alterada presión sobre el medio obedece a tres causas principales: la industrialización, la urbanización y el crecimiento de especies. En relación a las fábricas de harina de pescado estas producen contaminación del aire y del mar.

#### **6.1 CONTAMINACIÓN DEL AIRE.**

La contaminación de la atmósfera se debe fundamentalmente a los humos y vapores provenientes del secado (secadores a fuego directo, operando hasta con 600% de exceso de aire) y a los gases de combustión del petróleo durante la generación de vapor de agua en las calderas y en mucha menor escala de los volátiles producidos por la descomposición del pescado durante su almacenamiento. De las fuentes mencionadas la más importante es aquella proveniente de la operación de secado y la correspondiente separación ciclónica que se efectúa para recuperar los finos. Estos gases y vapores de agua, proveniente de las fábricas convencionales, son arrojados a la atmósfera a razón de 7000 a 8000 m<sup>3</sup>/hora por tonelada de harina de pescado arrastrando consigo material sólido que producen olores que son motivo de queja (medidos

son el resultado de evaporar los 178.24 Kg de agua por tonelada de pescado procesado por hora, a estos vapores de agua acompañan los gases de la combustión del petróleo de los quemadores, con el respectivo aire que necesita para producir la quema eficiente del combustible)

De igual manera, los gases de combustión del petróleo residual quemados en las calderas de vapor son expelidos a la atmósfera en cantidades relativamente significativos como se puede observar en el cuadro siguiente:

#### COMBUSTION DEL PETROLEO

Exceso de aire	%	0	25	50	100
Productos de Combustión del petróleo 6 pie <sup>3</sup> / gln *	CO <sub>2</sub>	199	199	199	199
	O <sub>2</sub>	0	72.8	145	289.9
	N <sub>2</sub>	1094	1368.2	1640	2185.1
	H <sub>2</sub> O	176	176	176	176
	Total	1469	1816	2160	2850

\* medidos a 44 psia y 480°F

A estos valores habría que agregar aquellos gases provenientes de la combustión del petróleo diesel generados en la "casa de fuerza" de las plantas que operan con esta modalidad y por otro lado los volátiles producidos por el deterioro de la materia prima que no es fácil su cuantificación.

Como se podrá observar en la tabla anterior, el petróleo carece de azufre debido a que el análisis corresponde a un hidrocarburo procedente de U.S.A. En la siguiente tabla se muestra las especificaciones técnicas del petróleo industrial usado en el país.



ESPECIFICACIONES TECNICAS PETROLEO INDUSTRIAL.		
CARACTERÍSTICAS	Nº5	Nº6
Gravedad API	22.5	15.2
Punto de inflamación °F	200	220
Cenizas, % peso	0.05	0.08
Punto de fluidez °F	40	60
Azufre, % peso	0.6	1.0
Poder calorífico BTU/ Lb	19 000	18 580
Agua y sedimentos, % vol	0.05	0.10
Gravedad específica	0.9200	0.9646
Libras / Gln	7.661	8.033
Temp de bombeo min, °F	55	112

Al quemar el petróleo se desprende dióxido sulfuroso que en combinación con el O<sub>2</sub> y la humedad contenida en el aire se forma una fina neblina de ácido sulfúrico.

El cambio del secador convencional por aquel equipo que usa vapor y la posibilidad de quemar, en los calderos, los gases incondensables generados en los secadores es una solución que ayuda a disminuir la contaminación del medio ambiente.

## **6.2 CONTAMINACIÓN DEL MEDIO ACUÁTICO.**

En las plantas de harina de pescado se identifican:

- a. Efluentes generados en la descarga de pescado.
- b. Efluentes generados durante el almacenamiento del pescado(sanguaza).
- c. Efluentes generados en la planta de evaporación debido a la falta de capacidad del equipo, altas tasas de TVN (nitrógeno total volátil) y/o aminas biogénicas y limpieza química de la planta de agua de cola.
- d. Efluentes provenientes de los servicios sanitarios.

Las características de estos efluentes es que su composición dependen de las condiciones de operación de cada planta o equipo, estado de frescura de la

materia prima, capacidad de planta, etc, sin embargo se puede afirmar que la descarga de pescado por el método convencional aporta la mayor carga orgánica y consecuentemente es el residuo industrial líquido de mayor efecto contaminante.

Considerando lo mencionado y el hecho de que la materia orgánica provenga del pescado es posible su tratamiento y recuperación de sólidos y grasa para su conversión en harina y aceite de pescado con los consiguientes beneficios para la empresa, toda vez que esta agua de bombeo posee sólidos solubles, sólidos insolubles y grasa.

## **CAPITULO VII**

### **CONTAMINACION AMBIENTAL ATMOSFERICA**

#### **7.1 GENERALIDADES**

El objetivo general de cualquier programa de control de contaminación atmosférica es desarrollar regulaciones racionales y practicas que resulten en una reducción significativa de los niveles de contaminación ya presentes y a prevenir la indebida contaminación de nuevas industrias y practicas de población. Uno de los principales fines de tal programa es ubicar las industrias en áreas y concentraciones tales que las emisiones en termino medio no causen un problema de contaminación atmosférica.

Este problema en una ciudad o región depende de un verdadero balance de factores. La suma total de emisiones de contaminantes de muchas fuentes esta balanceada por la dilución y separación de estas materias de la atmósfera.

La variedad de contaminantes es conocida y su diversidad abarca desde gruesas partículas sólidas o líquidas de movilidad limitada hasta las mas finas y los humos, vapores y gases permanentes.

El aire de una región dada se libra de contaminantes por los dos principales mecanismos de deposición y disposición. Las partículas finales pueden ser removidas por movimiento y adhesión sobre superficies expuestas. Aún los contaminantes gaseosos pueden ser separados del aire por medio de la absorción o interacción química con las superficies, por cuanto los compuestos de sulfuro reaccionan en superficies pintadas o con vegetación, sin embargo, el mas importante mecanismo para limpiar (purificar) una atmósfera contaminada depende de la dilución y dispersión por corrientes de aire.

#### **7.2 PROCEDENCIA DE LOS MALOS OLORES.** <sup>(2)</sup>

Una planta típica de harina de pescado contiene dentro de si mismo varias causas para los malos olores, entendiéndose por olor la sensación que producen en el olfato ciertas emanaciones (agradables o desagradables).

### **7.3 LA PROTEINA COMO FUENTE DE MAL OLOR**

La complejidad de constitución de la molécula de proteína le resta estabilidad haciéndola muy susceptible a la descomposición, así en cuanto se alteran sus condiciones normales de equilibrio,, como pequeñas alteraciones de temperatura, variación del pH y la acción de microorganismos, etc, provocan la descomposición de la molécula originando sustancias mas sencillas como aminas, aldehídos , cetona, amoníaco, hidrogeno sulfurado, nitrógeno etc.

La acroleína, por ejemplo, es un gas que puede ser encontrado como afluente del secador, para el caso del pescado aceitoso y temperaturas de contacto mayores de 250°F, la concentración de un umbral de acroleína es de 15 ppm. En realidad estas 15 ppm. en un millón de partes de mezcla aire-acroleína es equivalente a 107 moles de acroleína con aproximación de 1022 moles de aire, esta mezcla se percibe en rango mínimos, esto indica, que aunque la concentración por peso o volumen pueda parecer pequeña, el número real de partículas odorantes es alto, esta es una razón por la cual el control de olores se dificulte, siendo el objeto reducir el vasto número de estas partículas al nivel más bajo para que no se produzca un olor característico al estar mezclado con el aire.

En la tabla 1 se da un listado de sustancias malos odorantes más comunes en una planta típica de harina de pescado.

TABLA N° 1: Tabla de mal odorantes típicos en una planta de harina de pescado

Nombre	Descripción del olor	Conc. en el umbral de aire
Acroleína	Grasa quemada	13-17 ppm en el aire
Productos de descomposición del aceite por calentam.	Almendras garra-piñadas	1 ppm en el aire
Hidrógeno sulfurado	Huevos podridos	0.0011 mg/litro
Dióxido de Azufre	Sofocante y picante	300 ppm
Amoniaco	Fuerte y sofocante	5 – 53 ppm
Ácido belérico	Cuerpo transpirado	0.00062 ppm
Ácido Butírico	Nauseabundo, hediondo	0.0008 – 2.4 ppm
Trimetil amina	Pescado podrido	0.1 – 10 ppm

### 7.3.1 RIGOR MORTIS <sup>(3)</sup>

El primer cambio que tiene lugar en el pescado después de muerto consiste en una acumulación de ácido láctico en sus tejidos, producto del desdoblamiento del glicógeno produciéndose un descenso en el pH hasta que todo el glicógeno sea consumido o hasta que las enzimas glicolíticas sean inactivadas y simultáneamente ocurre una contracción de los músculos dando por resultado una rigidez en todo el cuerpo conocida como rigidez cadavérica o Rigor Mortis.

El descenso del pH se explica porque durante la permanencia del rigor, el producto se considera en excelentes condiciones de frescura, pues los procesos alternantes, en especial el desarrollo bacteriano están

prácticamente paralizados. El rigor se inicia entre 1 y 7 horas después de muerto el pez, alcanzando su valor máximo entre 5 y 22 horas.

La duración del Rigor Mortis en el pescado es menor que en los mamíferos dependiendo de diversos factores tales como la especie, el método de captura, manipuleo, etc. La rigidez cadavérica es fácilmente reconocible. En conjunto se ven duros, arqueados o derechos con puntos de contactos aislados; cuando el rigor finaliza se aplastan unos a otros permaneciendo en contacto con todo el peso de sus cuerpos superpuestos. El fenómeno se debe a diversos cambios fisiológicos y bioquímicos en el músculo muerto, pero la forma de como esto se da aun no está perfectamente establecido, existiendo diversas teorías que tratan de explicarlo.

Para Reisser es un deterioro de la materia coloidal de la proteína muscular debido a la finalización del metabolismo normal que da por resultado una acidificación. Según Fluckiger se debe a una interrupción en el proceso de oxidación de las células y la formación de una excesiva cantidad de ácido láctico, la cual causa una hinchazón de las fibrillas musculares que origina el envaramiento. Así mismo, Embden, ha demostrado que además de ácido láctico se forma ácido fosfórico a partir del lactoacidogeno, posible producto de transición de la glicólisis y sería este ácido fosfórico el causante de una rápida contracción muscular mientras que el ácido láctico controle la duración del estado de endurecimiento, algunos consideran que tal endurecimiento es causado, por la miosina y la actina, proteínas componentes de la actomiosina.

El proceso bioquímico en sí parece ser la siguiente etapa, cuando finaliza la actividad del corazón y los tejidos no son aprovisionados de oxígeno comienzan entonces la glicólisis en el tejido muscular, simultáneamente el

pH decrece, posteriormente, el fosfato de creatina (reservorio de energía presente en el músculo) desaparece iniciándose la ruptura de ATP (adenosina trifosfato). La desaparición del ATP sería la causa del rigor mortis lo que ha sido comprobado por Asakawa, al encontrar en las carpas, que la desaparición del ATP coincidía con el inicio del rigor. El efecto suavizante del ATP está dado por su fuerte unión con los iones  $\text{Ca}^{++}$  que al ser liberados aceleran su concentración.

Aunque la acumulación del ácido láctico no sea la causa directa del rigor mortis, se está de acuerdo en la importancia de la reacción ácida en la prolongación del rigor que resulta en una inhibición del desarrollo bacteriano.

### **7.3.2 ALTERACIONES BIOQUÍMICAS**

Tan pronto finaliza el estado de rigidez del pescado se inician ciertos cambios autolíticos, especialmente proteolíticos. El cambio más importante es la reducción del TMO (Óxido de trimetil amina) en trimetil amina y amoníaco; ambos compuestos, por ser solubles en agua se distribuyen por todo el cuerpo dando lugar a la aparición del sabor y olor característico del pescado malogrado a la vez que la carne se torna blanda.

El estómago del pescado contiene una gran cantidad de enzimas las cuales atacan las paredes del mismo al comienzo, y más tarde los tejidos. El calor y el excesivo manipuleo aceleran este proceso. La autólisis es posiblemente ayudado por el ácido láctico producido durante el Rigor Mortis.

### **7.3.3 ALTERACIONES MICROBIOLÓGICAS**

Originalmente, en el momento de su captura el pescado contiene cierta cantidad de bacterias que varía entre  $10^4$  y  $10^5$  unidades por gramo, según

el hábitat donde es capturado. Normalmente las bacterias están presentes en la piel, las agallas y los intestinos; sin embargo, el músculo se considera estéril o casi estéril pero muy pronto los tejidos del pescado dejan de ofrecer resistencia a la acción microbiana y por el contrario proporcionan factores favorables de desarrollo, dando lugar a una multiplicación excesiva de las bacterias, las que invaden todo el cuerpo originando productos que dan lugar a la putrefacción.

#### **7.4 ALMACENAMIENTO DE PESCADO CRUDO**

El pescado comienza a descomponerse muy rápidamente, especialmente en climas calurosos, esta acción se ve acompañada por la expulsión de fuertes y ofensivos olores, además, hay un gran aumento en la intensidad de los olores provenientes del resto del proceso si la acción de descomposición se deja avanzar mucho.

#### **7.5 LOS COCINADORES**

Durante el proceso de cocimiento se evacuan a la atmósfera vapores del pescado, estos vapores llevan consigo materiales de alta intensidad de olor.

#### **7.6 LAS PRENSAS**

El material que entra o sale de las prensas bota a la atmósfera un material similar a aquel del proceso del cocinado, la cantidad es considerablemente menor, pero no es insignificante en una área localizada.

#### **7.7 LOS TRANSPORTADORES**

Los transportadores al descubierto evaporan a la atmósfera un material parecido al de los cocinadores y las prensas.



### **7.8 LIQUIDO DE PRENSAS**

En las prensas hay una separación de un keke de prensa y un líquido conocido como tal, este líquido es llevado a las separadoras de sólidos y la fracción acuosa resultante es sometida a centrifugación, y si es que no hay un tratamiento del líquido resultante conocido como agua de cola, este líquido va a aumentar considerablemente los malos olores al ser arrojados a los desagües o al mar.

### **7.9 PROCESO DE ACEITE Y ALMACENAMIENTO**

Con un razonable cocinado hay poca contaminación resultante de los procesos asociados con el almacenamiento y refinamiento de aceite, pero bajo algunas condiciones que se han observado, las acumulaciones de aceite pasado por las maquinarias se han vuelto rancias emanando olores muy desagradables, descargando en algunos casos el aceite caliente donde se presenta un problema de contaminación.

### **7.10 EL SECADOR**

Actualmente hay en uso 2 tipos de secadores, estos son los secadores directos y los indirectos. Sin control los secadores directos contribuyen en gran proporción al problema de los malos olores. En otras palabras; el secador directo es la causa mas importante de la contaminación a la atmósfera en una planta típica de harina de pescado.

Por otro lado, los secadores indirectos solo contribuyen en una mínima proporción a este problema ya que utilizan el vapor como fuente de secado y lo hacen en 4 efectos.

### **7.11 LOS CICLONES DE ENSAQUE**

En todas las plantas la harina es llevada por medio de transportadores neumáticos del molino a la operación de ensaque, la harina se separa del aire por medio de los ciclones, que dicho sea de paso no son muy eficientes, el resultado es que considerable cantidad de finos se evacuan a la atmósfera por la chimenea, además el material volátil es quitado de la harina durante el transporte neumático y es evacuado a la atmósfera, la intensidad del olor de los gases descargados de esta manera es de 10 a 15% de los gases evacuados por el secador de fuego directo y es significativa.

### **7.12 ALMACENAMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO**

La harina almacenada despide olor, muchas de la plantas tiene grandes cantidades de harina en inventario, debe notarse que la harina tiene un olor mas pronunciado cuando esta fresca y a medida que se va oxidando el olor decrece, puede esperarse que el proceso siga en esta forma decreciente de proporción. Cuando la harina es fresca la oxidación sube la temperatura, haciendo que este se incendie en un proceso de autocombustión, pero con la ayuda de antioxidantes se frena este fenómeno y se logra estabilizar tal proceso.

**CAPITULO VIII**  
**LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.**

**8.1 ESTANDARES DE CALIDAD DE AIRE**

**8.1.1 A nivel Nacional**

Contaminante	tiempo mues- treo	NORMATIVA					
		D.S.046-93-EM(1)		R.M.315-96EM(2)		D.S.074-2001PCM	
		ppm	ug/m <sup>3</sup>	ppm	ug/m <sup>3</sup>	ppm	ug/m <sup>3</sup> (4)
Dioxido de Azufre	24 h.	0.12	300	0.20*	572	----	365
	M.A.A.	----	-----	0.06	172	----	----
Material particu- lado suspensión <sup>(a)</sup>	24 h.	----	120	----	350*	----	----
	M.G.A.	----	---	----	150	----	----
Monóxido de Carbono	01 h.	30	35 000	----	----	----	----
	08 h.	13	15 000	----	----	----	10
Ozono	01 h.	----	----	----	----	----	----
Plomo	30 días	----	----	----	1.5	----	----
	M.A.A.	----	----	----	0.5	----	----
Óxidos de Nitrógeno	24 h.	----	200	----	----	----	----
	01 h.	----	----	----	----	----	10
	M.A.A.	----	----	----	----	----	100
Ácido Sulfúrico	01 h.	----	30	----	----	----	----
Hidrocarburos	24 h.	----	15 000	----	----	----	----
Arsénico	30 min.	----	----	----	30*	----	----
	24 h.	----	----	----	6	----	----

M.A.A.: Media Aritmética Anual.

M.G.A.: Media Geométrica Anual.

1. Propuesta de Patrones de Calidad de Aire en el Perú. Dirección General de Salud Ambiental. Ministerio de Salud. 1996.

2. Proyecto Patrones de Contaminantes Químicos. Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud. 1996.
3. Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos. Tabla 2: Concentración Máxima Aceptable de Contaminante en el Aire. Subsector de Hidrocarburos- Ministerio de Energía y Minas. 1993.
4. Niveles máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presente en Emisiones Gaseosas provenientes de las Unidades minero-metalúrgicas. Anexo 3: Niveles Máximo Permisibles de Calidad de Aire. Subsector Minería- Ministerio de Energía y Minas. 1996.

(\*) No debe ser excedido una vez al año.

- (a) La R.M. Nro. 315-96-EM, define a las partículas en suspensión como aquellas que poseen diámetro aerodinámico inferior a 10 micras.

### **8.1.2 A nivel de países de América del sur.**

Elemento	Periodo	Países en Referencia (en ug / m <sup>3</sup> )					
		Argentina*	Brasil**	Bolivia	Colombia	Ecuador	Chile
PTS	Anual	80	75	77	80	75	
	24 horas	240	260	400	250	260	
PM-10	Anual	50	50				
	Mensual	150	150				150
Plomo	Mensual	1.5		1.5			1.5

(\*) Para Buenos Aires, decreto Nro. 3.395/96 actualizado por resolución Nro. 242/97.

(\*\*) Para Sao Paolo.

### 8.1.3 Estándares de calidad de aire en otros países.

Elemento	Periodo	Países en Referencia (en ug / m <sup>3</sup> )				Organismos
		USA	MÉXICO	UE	JAPÓN	OMS
PTS	Anual 24 horas	75(*) 260(**)	75 260		100	
PM-10	Anual 24 horas	50 150	50 150			
PM-2.5	Anual 24 horas	15 65				
Plomo	Anual Trimestral	1.5	1.5	0.5		0.5

(\*) Corresponde a los valores originales establecidos por Estados Unidos, los que posteriormente fueron reemplazados por PM-10.

(\*\*) Estándares OMS correspondientes a la revisión 1999.

Nota: Concentración referidas a condiciones estándar de presión y temperatura.

### 8.2 APLICACIONES DE NORMAS Y DISPOSICIONES MINISTERIALES

El ministerio de pesquería estableció límites permisibles para las plantas pesqueras:

	Efluentes generados En las plantas de Agua de cola	Efluentes generados en el agua de bombeo instantáneo	Promedios diarios
DBO	100 mg/lt	800 mg/lt	400 mg/lt
Sólidos totales	100 mg/lt	37000 mg/lt *	35250 mg/lt
Grasa	50 mg/lt	700 mg/lt	350 mg/lt
pH	5 a 8	5 a 8	5 a 8

\* Se incluye contenido de sales marinas(33500 mg/lt)

La sanguaza debe ser reciclado conjuntamente con el agua de bombeo.

Para el desagüe, además de los parámetros mencionados se deben considerar los coliformes fecales de 2000 número máximo permisible (NMP) / 100 mililitros.

**CAPITULO IX**  
**METODOS DE TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GASEOSOS A**  
**LA SALIDA DE LA OPERACIÓN DE SECADO DE LA HARINA DE**  
**PESCADO**

**9.1 GENERALIDADES**

Existen varios caminos para controlar los malos olores, uno de ellos es enmascarándolos y otro destruirlos en el mismo lugar donde se producen. El enmascaramiento consiste en dispersar dentro de la atmósfera contaminada una sustancia cuyo olor es mas aceptable, y en cantidades adecuadas para ocultar el olor desagradable, este método ha sido usado para vencer los olores de algunos líquidos, plásticos y textiles, con todo, para un problema tan complejo como es el producido por la fabricación de harina de pescado el procedimiento sería impracticable. La separación o la destrucción de las sustancias que originan el mal olor parece ser la solución más prometedoras en el caso del problema de la contaminación atmosférica causante del mal olor.

La destrucción se lleva a cabo mediante una incineración de las sustancias olorosas directamente o con la ayuda de catalizadores, igualmente estas sustancias odoríferas pueden destruirse químicamente por medio del cloro o del ozono en solución o en fase gaseosa.

La separación de las sustancias que producen el olor se hace generalmente por absorción en agua, operación que puede ser apoyada mediante la adición de detergentes o solventes. La absorción por el carbón activo se aplica al caso de separar materias orgánicas, este método es usado cuando el material absorbida tiene valor comercial , después de separado del carbón.

## **9.2 CONTROL POR EL METODO DE LA INCINERACION**

Desde el punto de vista técnico, la incineración es la oxidación de todas las materias orgánicas hasta llegar a una sustancia relativamente inocua como el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua. Es un procedimiento atractivo para separar los olores del gas efluentes de los secadores, ya que no solamente son oxidados los gases, sino también los aceites y las partículas sólidas.

En efecto, hay en estos gases partículas muy pequeñas de sustancias orgánicas, las cuales serían oxidadas hasta compuestos inodoros ya que no habrán efectos indeseables en estos procesos. La experiencia demuestra que la temperatura de ignición de las materias más olorosas están entre 1200 y 1400°F, sin embargo, con la ayuda de catalizadores como el platino o paladio pueden reducirse a 600 – 800°F. La posibilidad incide sobre una economía de combustible considerable pero implica una apreciable inversión para el equipo apropiado, esta operación mediante catalizadores requiere que los gases estén relativamente libres de partículas sólidas para evitar erosión, oclusión o envenenamiento de los catalizadores, los catalizadores se usan generalmente cuando la cantidad de gases a tratar es pequeña o cuando los gases salen ya a una temperatura suficientemente alta como para alcanzar su temperatura de incineración, con muy poco combustible adicional, por estas razones no consideramos este caso de incineración catalítica.

La incineración directa, es decir la combustión de los gases contaminados por la llama de combustión, requiere equipos más simples, es más compacto y también demanda menor mantenimiento y formas de control, pero el consumo de combustible es alto, a menos que una apreciable cantidad de calor producido se aplique a otras necesidades térmicas de la planta. Esta operación es recomendable

cuando no se dispone de agua suficiente o cuando por alguna razón no es posible la instalación del equipo de incineración.

Para lograr mediante la incineración un nivel de olor compatible con las disposiciones legales es necesario llevarla a cabo a una temperatura mínima de 1200°F<sup>(5)</sup> y lograr una buena mezcla de gases de combustión con los que deben ser incinerados. Tal como sucede en las operaciones de secado directo, los gases salidos del secador son transportados a través de un ciclón o una cámara de incineración y luego a una cámara de retención en la cual deben permanecer por un tiempo no menor de 0.3 segundos.

La cámara de incineración consiste en una estructura de albañilería semejante a la cámara de fuego del secador, revestida interiormente de ladrillos refractarios, pudiendo ser de sección transversal recta o cilíndrica, a un tercio de su longitud, contando a partir del sitio del quemador están la entrada de los gases que ingresaran tangencialmente, en el fondo de las cámaras hay un rompellamas, y adyacentes se encuentra la cámara de retención que a lo igual que la anterior, es una estructura de ladrillo que termina en una chimenea. En el punto de cámara de retención hasta donde se complete el volumen calculado se colocara una termocupla conectada al termoregistrador, en este mismo punto debe haber 1200°F de temperatura, la llama debe ser brillante y dura, el aire primario y secundario se pueden tomar a la salida del secador, esta condición significa economía en gasto de combustible, así como, una mayor eficiencia en el proceso de desodorización.



### **9.2.1 CARACTERISTICAS Y CALCULOS EN UNA CAMARA DE INCINERACIÓN**

Sea una línea de producción que entrega 1 ton de harina de pescado por hora, para efecto de cálculo se considera un rendimiento de 4.224 ton / hora. de pescado, según los rendimientos del balance de masa del proceso.

La producción de una tonelada de harina esta acompañada de un desprendimiento de 7142.74 metros cúbicos de gases y vapores a la temperatura de 113°C, medido a presión atmosférica y a la salida del ciclón<sup>(6)</sup>.

Luego la cantidad de gases expulsados en un minuto será:

$$Q_g = 01 \text{ ton. har./hora} * 7142.74 \text{ m}^3 / \text{ton har.} [ 1 \text{ hora} / 60 \text{ min}]$$

$$Q_g = 119.0457 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Se tiene una mezcla de gases y vapores, de un calor sensible de:

$$C_p = 0.2920 \text{ Kcal} / \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C} \quad \text{a } 113^\circ\text{C} \text{ y } 14.69 \text{ psia.}$$

La incineración debe llevarse a cabo a 650°C mínimo, luego la cantidad de calor requerido será:

$$Q_c = 119.0457 \text{ m}^3 / \text{min.} * [ 0.2920 \text{ Kcal} / \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C} ] * (650 - 113)^\circ\text{C} * [ 60 \text{ min/hora} ]$$

$$Q_c = 1.12 * 10^6 \text{ Kcal} / \text{hora}$$

Para este tipo de operaciones donde se emplea incineradores convencionales para quemar corrientes de gases no deseados, se emplea petróleo Residual 500; estos combustibles de gravedad °API de 14.3, son capaces de entregar hasta 38230 Kcal/ Galón como poder calorífico<sup>(7)</sup>. En la quema de combustibles, se debe tener en cuenta que la eficiencia de poder calórico esta ligado a la temperatura de los

gases quemados y al porcentaje en exceso de aire empleado en quemar el petróleo, luego tenemos una eficiencia térmica del petróleo del orden del 75% (temperatura de los gases 650°C y un exceso de aire del 30%).

Luego la cantidad de petróleo requerido para la incineración de los gases producidos en el secador será:

$$Q_p = \frac{1.12 * 10^6 \text{ Kcal / hora}}{38230 \text{ Kcal/ Galón pet.} * 0.75} = 29.3 \text{ Gal. petróleo / hora}$$

Para establecer las dimensiones de la cámara de incineración recurriremos a la experiencia en el diseño de incineradores, se admite un metro cúbico de cámara primaria de combustión (cámara de incineración) por cada 311500 Kcal/ hora:

$$V_i = \frac{1.12 * 10^6 \text{ Kcal / hora}}{311500 \text{ Kcal / hr. / m}^3} = 3.6 \text{ m}^3$$

Para el diseño de la cámara de retención (cámara de combustión final de los gases) se dispone de solo 0.3 segundos de tiempo para acoger el volumen de los gases y vapores incinerados de salida de la antecámara (cámara de incineración), esto es importante, pues es aquí donde se termina de llevar a cabo la combustión. Así es como requerirá llegar a 650°C, que es la temperatura de salida de los gases contra una entrada de 113°C. Los gases incinerados se expulsan luego a la atmósfera a través de la chimenea. Luego tenemos:

$$V_r = 119.0457 \text{ m}^3/\text{min} * \frac{(650 + 273) \text{ }^\circ\text{K} * 0.3 \text{ s} * [\text{min} / 60 \text{ s}]}{(113 + 273) \text{ }^\circ\text{K}} = 1.4233 \text{ m}^3$$

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA INCINERADORES DE GASES**

Harina de Pescado a producir	Consumo de Petróleo para la incineración de gases producidos en el secador	Volumen de la cámara de incine- ración.	Volumen de la cámara de reten- ción
Ton / Hora	Gal. / Hora	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	29.3	3.6	1.4
2	58.6	7.2	2.8
4	117.8	14.4	5.6
6	175.8	21.6	8.4
8	234.4	28.8	11.2
10	293.0	36.0	14.0
12	351.6	43.2	16.8
14	410.2	50.4	19.6
16	468.8	57.6	22.4
18	527.4	64.8	25.2
20	586.0	72.0	28.0
22	644.6	79.2	30.8
24	703.2	86.4	33.6
26	761.8	93.6	36.4
28	820.4	100.8	39.2
30	879.0	108.0	42.0
32	937.6	115.2	44.8
34	996.2	122.4	47.6
36	1054.8	129.6	50.4
38	1113.4	136.8	53.2
40	1172.0	144.0	56.0
42	1230.6	151.2	58.8
44	1289.2	158.4	61.8
46	1347.8	165.6	64.4
48	1406.4	172.8	67.2
50	1465.0	180.0	70.0

### **9.3 CONTROL POR EL METODO DE ABSORCION**

Las sustancia malolientes que acompañan a los vapores y gases del proceso de secado son solubles en agua, aun cuando en el agua de mar esta solubilidad disminuye, los ensayos realizados en impingers (frascos para diluciones de sustancias olorosas), llevan a pensar en su lavado con esta fuente disponible (las plantas de harina de pescado se encuentran a poca distancia del mar). El método de absorción es útil para el control del olor.

El método de absorción requiere de adecuación especial para el caso de las sustancias malolientes del proceso de harina de pescado, esto debido a que tenemos un proceso donde los gases y vapores de salida de los ciclones (para la recuperación de finos) salen a temperaturas entre 110 y 120°C, con promedios de 113°C. Se debe realizar un proceso de enfriamiento para proceder a la absorción de los gases malolientes.

#### **9.3.1 CALCULOS**

Para las especificaciones de la torre de lavado, la búsqueda debe tener una base que establezca el uso posterior en todos los resultados de calculo.

La base más adecuada se establece en la unidad de Tonelada de Harina (H.P.) de pescado producido por hora; así:

**Base: 1000 Kg de H.P. / h**

Del balance de masa (ver pagina 9), el peso del agua evaporada (A.E.) será:

$$=1000 \text{ Kg de H.P. / h} * 178.24 \text{ Kg de vapor de agua} / 226.12 \text{ Kg de H.P.}$$

**788.254 Kg de A.E. / h**

Las composiciones de los gases de salida de los ciclones en base a los kilos de petróleo quemado son referenciados; y estos se dan por cada kilogramo de petróleo residual 500 quemado en los secadores directos, los gases encontrados son principalmente CO<sub>2</sub>, CO, vapor de agua, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, cuyos pesos son 3152.387, 0.602, 12110.322, 49.902, 55958.132 y 13761.683 g, respectivamente. Entre otros muchos mas no identificados plenamente se tienen evidencia de acroleína, acido sulfhídrico, anhídrido sulfuroso, trimetil aminas, acido butírico,

ácido belérico, amoníaco, trióxido de azufre, hidrógeno sulfurado, aminas, aldehídos y cetonas, cuya composición es difícil de determinar, pero se calcula en 1.194 g de peso total.

El peso de combustible quemado para retirar el agua del queque de prensas, es 24.5 galones de petróleo (P.) por 1000 Kg. de agua evaporada, medido en la salida de los ciclones; la densidad del combustible es de 3.685692 Kg. /galón de petróleo.

Esto establece el peso de petróleo empleado:

$$788.254 \text{ Kg. de A.E./ h} * 724.5 \text{ gln de P./ 1000 Kg de A.E.} * 3.685682 \text{ Kg de P./gln}$$

**71.179 Kg. de P. / h**

Luego la mezcla de gases de salida de los ciclones será:

CO <sub>2</sub>	=	224.384 Kg / h
CO	=	0.043 Kg / h
H <sub>2</sub> O (v)	-	862.006 Kg / h
SO <sub>2</sub>	-	3.552 Kg / h
N <sub>2</sub>	=	3983.044 Kg / h
O <sub>2</sub>	=	979.543 Kg / h
Malolientes	=	0.085 Kg / h

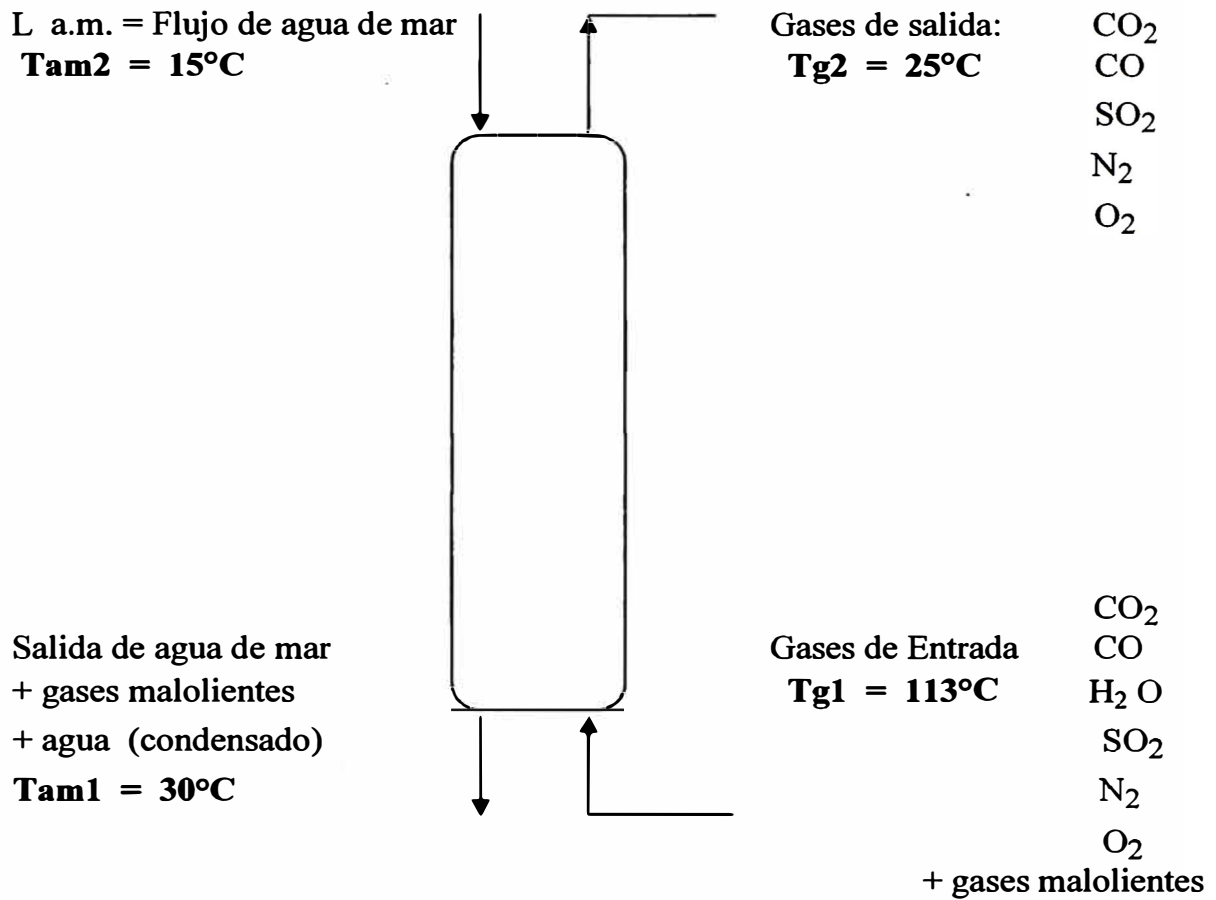
a 113°C y 14.7 mmHg abs. de presión.

Las observaciones y pruebas realizadas en procesos demostraron que la mayoría de los gases olorosos eran solubles en agua fría y que el olor aumenta con el tiempo de estar en contacto con la fase líquida, así mismo, las observaciones hechas en algunas plantas demostraron también que los contaminantes no eran solubles en agua caliente por lo menos a 49°C (120°F) o por encima de estos; para el caso de agua de mar esta temperatura debe ser menor a 45°C (113°F), para empezar a obtener absorción de los gases malolientes. Esto a su vez parece confirmar la idea que la principal fuente de mal olor es la acroleína (CH<sub>2</sub>.CH.CHO, donde su temperatura de ebullición es 52.5°C, peso molecular =

56 g), por consiguiente, las pruebas de lavado hechas en impingers de vidrio, pusieron de manifiesto que a temperaturas de 35 a 38°C (95 a 100°F), para el caso de ser lavados con agua de mar, las pruebas dieron temperaturas de 30 a 32°C (86 a 90°F), los contaminantes son lavados con agua hasta el punto en el cual a la dilución de una parte del gas tratado, por 100 partes de aire el olor no pudo ser definitivamente reconocido, aparentemente el olor que queda retenido en el gas es debido a los componentes no solubles en agua, aunque no hay mayores datos sobre la solubilidad de los gases mal olientes en el agua, parece que su solubilidad decrece rápidamente al subir la temperatura, siendo necesario el uso de lavadores para la absorción del tipo de contracorriente.

### **9.3.2 DISEÑO DE LA TORRE LAVADORA**

La torre de absorción tiene doble función, la cual divide la torre en dos secciones, la base por donde ingresan los gases, denominada “zona de enfriamiento”, que permite enfriar los gases de los ciclones, a una temperatura de 113°C, y la parte superior denominada la “zona de absorción”, donde los gases y vapores malolientes son absorbidos por el agua de mar hasta su eliminación imperceptible. Algunas consideraciones en el empleo de agua de mar son la muy baja absorción de los gases, esto debido a que se encuentra que la solubilidad de los gases CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> es considerada despreciable, se considera al agua como naturalmente saturada de estos gases, para el caso del vapor de agua, este se condensa y se incorporara a su par marino. La zona de enfriamiento es necesaria para bajar la temperatura del sistema, requiere llegar a 25°C, para asegurar la absorción de los gases malolientes. La temperatura de entrada del agua de mar esta en 15°C en promedio anual, y la temperatura de salida del agua deberá ser no mayor a la 30°C, para asegurar un máximo de absorción (justificado a su vez en las pruebas de impingers), a continuación el esquema dela torre de absorción:



### 9.3.2.1 CONSUMO DE AGUA DE MAR

Del balance de energía de toda la torre, se considera un proceso adiabático:

$$\Sigma \Delta H \text{ entrada} = \Sigma \Delta H \text{ salida}$$

Luego:

$$L \text{ a.m.} * C_p \text{ a.m.} * (T_{am1} - T_{am2}) = \Sigma (m_i * C_{p_i} * (T_{g1} - T_{g2})) + \\ m_j * H_j * (T_{g1} - T_{g_{H_2O}}) + \\ m_k * C_{p_k} * (T_{g_{H_2O}} - T_{g2})$$

$i = \text{CO}_2, \text{CO}, \text{SO}_2, \text{N}_2 \text{ y } \text{O}_2$

$j = \text{H}_2\text{O} (\text{v})$

$k = \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

$m_i, m_j, m_k = \text{ver pagina 38}$

Datos:

Cp a.m.= capacidad calórica (calor sensible) del agua de mar	=	1.008 cal/gr°C
Cp CO <sub>2</sub> = capacidad calórica del CO <sub>2</sub>	=	0.2150 cal/gr°C
Cp CO = capacidad calórica del CO	=	0.2510 cal/gr°C
Cp H <sub>2</sub> O(v)= capacidad calórica del vapor de agua	=	0.45742 cal/gr°C
H H <sub>2</sub> O = calor latente de condensación del agua a 100°C (Tg H <sub>2</sub> O)	= (-)	540 cal/gr
Cp H <sub>2</sub> O(l)= capacidad calórica del agua en estado liquido	=	1.0 cal/gr°C
Cp SO <sub>2</sub> = capacidad calórica del SO <sub>2</sub>	=	0.157 cal/gr°C
Cp N <sub>2</sub> = capacidad calórica del N <sub>2</sub>	=	0.3384 cal/gr°C
Cp O <sub>2</sub> = capacidad calórica del O <sub>2</sub>	=	0.3010 cal/gr°C
Cp M.O. = capacidad calórica estimada de gases malolientes	=	0.2753 cal/gr°C

Reemplazando obtenemos el flujo másico del agua de mar empleado:

$$\underline{L2=L a.m. = 44960.51009 \text{ Kg/h}}$$

### **9.2.2.2 ANALISIS DE LOS GASES DE ENTRADA:**

#### **9.2.2.2.1 PESO MOLECULAR PROMEDIO DEL GAS DE ENTRADA:**

$$P.M. = \frac{6052.657 \text{ Kg/h}}{225.91 \text{ Kmolg/h}} = 26.7923 \text{ Kg /Kmolg}$$

#### **9.2.2.2.2 FLUJO DEL GAS DE ENTRADA**

$$\begin{aligned} G2 &= 1.6813 \text{ Kg/ s} \\ &= 0.0627 \text{ Kmol/s} \end{aligned}$$

También:  $G1 = 5190.589 \text{ Kg/h} = 1.44183 \text{ Kg/s}$

#### **9.2.2.2.3 DENSIDAD DEL GAS DE ENTRADA**

Para las mezclas de gases la determinación se establece a raíz del volumen específico de la mezcla, dado por:

$$\hat{V}_{m.g.} = \sum y_i \hat{V}_i$$

Donde:

$$\begin{aligned} \hat{V}_i &= \text{volumen molar específico de } i: \quad \text{m}^3 / \text{molgr } i \\ y_i &= \text{fracción molar de } i \quad : \quad \text{molg } i / \text{molg total} \end{aligned}$$



Se conocen los volúmenes específicos de los gases-componentes:

i	$\hat{V}_i \text{ m}^3 / \text{molgr } i$	$y_i \text{ molg } i / \text{molg total}$
CO <sub>2</sub>	0.0315809	0.02260
CO	0.0316451	$6.798 \times 10^{-6}$
H <sub>2</sub> O	0.0315094	0.2120
SO <sub>2</sub>	0.0314956	$2.457 \times 10^{-4}$
N <sub>2</sub>	0.0316473	0.6297
O <sub>2</sub>	0.0316421	0.1355
Gases Malolientes	0.0309724	$6.719 \times 10^{-6}$

$$\hat{V}_{m.g.} = 0.0316177 \text{ m}^3 / \text{molgr mezcla}$$

$$= 1.1801 \text{ m}^3 / \text{Kg}$$

Luego la densidad de la mezcla gaseosa será:

$$\rho_{g1} = 0.84738 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

a 113°C y a 14.7 psia

$$\rho_{g2} = 0.074766 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$\rho_g = 0.79752 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

### **9.3.2.3 CALCULO DEL DIÁMETRO Y EL AREA DE LA TORRE LAVADORA**

La absorción se realiza casi exclusivamente sobre los gases malolientes y aunque estos tienen sustancias que son insolubles en agua, se considera para fines prácticos como de absorción completa. Respecto al resto de gases acompañantes, CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, estos serán lavados y enfriados, saliendo sin arrastrar mayores pérdidas. La parte líquida se ve incrementada por la condensación del vapor de agua y la absorción de los compuestos malolientes:

$$L1 = 44960.51009 \text{ Kg/h} + 862.006 \text{ Kg/h} + 0.085 \text{ Kg/h}$$

$$L1 = 45822.60109 \text{ Kg/h} = 12.7285 \text{ Kg/s}$$

$$L2 = 44960.51009 \text{ Kg/h}$$

$$\text{El flujo de liquido promedio se establece en } = (L1 + L2) / 2 \\ = 45391.55559 \text{ Kg/h} = 12.608765 \text{ Kg/s}$$

Así mismo, la densidad del agua de mar en la entrada liquida:  $1026 \text{ Kg/m}^3$

Para la parte liquida de salida:

$$\rho_{L1} = 1025.51 \text{ Kg/m}^3$$

a  $30^\circ\text{C}$  y a  $14.7 \text{ psia}$

$$\text{Luego la densidad promedio será en la parte liquida} = 1025.76 \text{ Kg/m}^3$$

Utilizando la correlación de inundación y caída de presión (Coordenadas de Eckert)

Calculo de la adcsisa:

$$\frac{L'}{G'} \left[ \frac{\rho_g}{\rho_l - \rho_g} \right]^{0.5} \frac{12.608765 \text{ Kg/s} / A}{1.5615651 \text{ Kg/s} / A} \left[ \frac{0.79752 \text{ Kg/m}^3}{1025.76 \text{ Kg/m}^3 - 0.79752 \text{ Kg/m}^3} \right]^{0.5} \\ = 0.159$$

Entrando con la adcsisa, se obtiene la ordenada en la línea de inundación, así:

$$\frac{U_g^2 * C_f * \mu_l^{0.1} * J}{\rho_g * (\rho_l - \rho_g) * g_c} = 0.140$$

Donde: Para el sistema (MKS)

$U_g = G' = G / A =$  Velocidad superficial del gas de inundación,  $\text{Kg/m}^2 \cdot \text{s}$

$C_f =$  Factor de área por volumen ocupado, tablas, para relleno de Intalox de cerámica, de  $76 \text{ mm} = 22$

$\mu_l =$  viscosidad del liquido de fondo.  $= 1.22 * 10^{-3} \text{ Kg/m.s}$

$J = 1$

$\rho_l =$  Densidad del liquido del fondo  $= 1025.51 \text{ Kg/m}^3$

$$\rho_g = \text{Densidad de los gases del fondo} = 0.84738 \text{ Kg/ m}^3$$

$$g_c = 1$$

Reemplazando :

$$U_g = 3.18977 \text{ Kg/ m}^2 \cdot \text{s}$$

El rendimiento de diseño para una columna empacada debe dejar margen para un porcentaje de error, esto en los casos de absorbedores y desorbedores es considerado en un +/- 40 a 50 %, y caídas de presión entre 200 y 400 N/m<sup>2</sup>

El margen a considerar será del 47.5%:

$$U_g' = 0.485 * U_g = 1.547 \text{ Kg/ m}^2 \cdot \text{s}$$

Redefiniendo la ordenada con este nuevo valor de la velocidad superficial del gas,

$$\frac{U_g'^2 * C_f * \mu_l^{0.1} * J}{\rho_g * (\rho_l - \rho_g) * g_c} = 0.0329$$

que sitúa una caída de presión por altura recorrida del gas en:

$$\frac{\Delta P}{Z} = 200 \text{ (N/ m}^2 \text{) / m}$$

acorde con las especificaciones recomendadas.

Como

$$G = U_g' / A \Rightarrow A = G / U_g'$$

$$A = \pi * D^2 / 4$$

$$\Rightarrow D^2 = 4 / \pi * G / U_g'$$

$$D = 1.13 \text{ m}$$

Luego :

$$A = \pi * D^2 / 4$$

$$A = 1.0028 \text{ m}^2$$

### **9.3.2.4 CALCULO DE LA ALTURA EN LA ZONA DE ENFRIAMIENTO**

Para esta zona se considera el contacto directo entre el líquido y los gases, dando como resultando una transferencia de calor que permite al agua de mar calentarse a costa de una disminución de temperatura de los gases, la transferencia se da primordialmente en el aspecto térmico, dado que la transferencia de masa (absorción) es considerada despreciable a estas temperaturas. Con el objeto de permitir que el contacto entre líquido y gases sea suficiente se estima un volumen de gases retenidos, equivalente a 1.75 segundos, así el volumen de gases retenidos será:

$$V = 1.6813 \text{ Kg / s} * 1.1801 \text{ m}^3 / \text{Kg} * 1.75 \text{ s} = 3.4721787 \text{ m}^3$$

Como el área transversal es conocido

$$A = 1.0028 \text{ m}^2$$

Luego la altura de transferencia térmica será:

$$h_t = V / A = 3.4721787 \text{ m}^3 / 1.0028 \text{ m}^2$$

$$h_t = 3.46 \text{ m}$$

### **9.3.2.5 CALCULO DE LA ALTURA EN LA ZONA DE ABSORCIÓN:**

En esta zona de la columna, se obtiene la absorción de los gases malolientes por el agua de mar. La solubilidad de la acroleína es aproximadamente de 40 gramos por 100 gramos de agua, lo que da una idea de la absorción que se espera, para el caso estudiado el peso a absorber por el agua de mar será:

$$= 45822.60109 \text{ Kg / h} * 40 \text{ g de acroleína / 100 g de agua} = 18329.04 \text{ kg, / h}$$

siendo el peso de gases malolientes de 0.085 Kg / h, ha de esperarse una completa absorción de los gases

Esta absorción a sido poco estudiada, por lo que no se cuenta con bibliografía ni

datos que permitan hacer un calculo confiable de ella, sin embargo, se rescata un dato de absorción de las pruebas realizadas en impingers, esto es  $7.8 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$  de gases malolientes.

El área de absorción necesaria para los 0.085 Kg/ h (0.0236 g/s) de los gases malolientes para 1.75 s será:

$$\text{Sabs.} = (0.0236 \text{ g/s}) / (7.8 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2) * 1.75 \text{ s} = 529.487 \text{ m}^2$$

El empaque empleado tiene entre sus características una superficie especifica ( $a_p$ ), calculada en base a pruebas en columnas y no en su naturaleza de forma, por volumen de lecho, siendo:

$$a_p = 92 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

El área específica efectiva por volumen de la columna será:

$$A_{p'} = 0.85 * a_p = 78.2 \text{ m}^2 / \text{m}^3$$

Luego el cálculo del volumen de la zona de absorción será:

$$V_{z.a.} = \text{Sabs.} / A_{p'} = (529.487 \text{ m}^2) / (78.2 \text{ m}^2 / \text{m}^3) = 6.77 \text{ m}^3$$

Y siendo conocida el área transversal de la columna empacada:

$$V_{z.a.} = A * h_a$$

$$\Rightarrow h_a = V / A = 6.77 \text{ m}^3 / 1.0028 \text{ m}^2$$

$$h_a = 6.75 \text{ m}$$

**9.3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA TORRES LAVADORAS**

Producción de Harina de Pescado	Consumo de agua de mar	Diámetro de la torre lavadora	Altura de la zona de enfriamiento	Altura de la zona de absorción	Altura total de la torre lavadora
Ton / Hora	GPM	m	m	m	m
1	160.6	1.13	3.46	6.75	10.21
2	321.2	1.60	3.46	6.75	10.21
4	642.4	2.26	3.46	6.75	10.21
6	963.6	2.77	3.46	6.75	10.21
8	1284.8	3.19	3.46	6.75	10.21
10	1606.0	3.57	3.46	6.75	10.21
12	1927.2	3.91	3.46	6.75	10.21
14	2248.4	4.23	3.46	6.75	10.21
16	2569.6	4.52	3.46	6.75	10.21
18	2890.8	4.79	3.46	6.75	10.21
20	3212.0	5.05	3.46	6.75	10.21
22	3533.2	5.30	3.46	6.75	10.21
24	3854.4	5.53	3.46	6.75	10.21
26	4175.6	5.76	3.46	6.75	10.21
28	4496.8	5.98	3.46	6.75	10.21
30	4818.0	6.19	3.46	6.75	10.21
32	5139.2	6.39	3.46	6.75	10.21
34	5460.4	6.59	3.46	6.75	10.21
36	5781.6	6.78	3.46	6.75	10.21
38	6102.8	6.96	3.46	6.75	10.21
40	6424.0	7.15	3.46	6.75	10.21
42	6745.2	7.32	3.46	6.75	10.21
44	7066.4	7.49	3.46	6.75	10.21
46	7387.6	7.66	3.46	6.75	10.21
48	7708.8	7.83	3.46	6.75	10.21
50	8030.0	7.99	3.46	6.75	10.21

## **CAPITULO X**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **10.1 CONCLUSIONES**

1. La deficiencia en el proceso de secado es la principal fuente de contaminación atmosférica por parte de la industria de harina de pescado, esto debido a que si optase por trabajar con secadores de tipo indirecto, a vapor, el problema de contaminación sería bastante inferior.
2. El problema de contaminación no esta focalizado en el secador, sin embargo, este es el principal responsable de los altos niveles de efluentes gaseosos que arroja la industria harinera de pescado.
3. El problema de contaminación del aire, en la industria harinera, esta identificado en el secado a fuego directo, en la recuperación ciclónica para recuperar los finos, en los gases de combustión de calderos y en la descomposición del pescado durante su almacenamiento.
4. Se puede controlar el problema principal de contaminación del aire, que son los gases de salida del proceso de secado, existen en vigencia empresas que ya lo han implementado, esto se puede responder ya sea por el método de incineración o a través del método de absorción.
5. Se requiere de 4.224 toneladas de pescado fresco por tonelada de harina producida, que generara aproximadamente  $7142 \text{ m}^3$  de gases a la salida de los secadores a temperaturas entre 110 y 120°C.
6. El método de incineración de gases requiere de 29.3 galones de petróleo por tonelada de harina a producir, para eliminar los gases generados durante el proceso de secado.
7. El método de absorción de gases requiere un gasto de 160.6 galones de agua de mar por cada tonelada de harina producida.

## **10.2 RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda hacer una evaluación técnico – económica para determinar que método es más conveniente y el resultante sopesarlo con la alternativa de cambiar el sistema de secado directo por el de secado a vapor, tomando en cuenta que este último llegaría a entregar una mejor calidad de harina, beneficiando económicamente a la compañía al obtener un mejor precio.
2. Si se posee una capacidad operativa bastante grande, se debe de tomar en cuenta los factores de contaminación del aire en las otras etapas del proceso, llegando a controlar estos focos contaminantes, especialmente en la parte de almacenamiento de materia prima, ya sea a través de un sistema de refrigeración o de conservación química.
3. Para proyectos que demandan fuerte inversión y que se opte por realizarlo por etapas, se deberá de iniciar la etapa de control ambiental atmosférica comenzando con el mayor de los contaminantes, es decir con el secador primario, que es donde se produce la mayor cantidad de evaporación y por tanto la mayor contaminación.
4. Buscar a través de compañías y expertos nuevas alternativas en equipos y métodos de control para la contaminación del aire.
5. De optar por continuar con el proceso de fuego directo, se recomienda que solo se emplee el método de incineración cuando no se disponga de agua suficiente para las necesidades del método de absorción de gases.
6. La falta de mayores conocimientos en el proceso de secado, estaría involucrando una deficiencia de los métodos de encarar el problema de contaminación atmosférica, esta deficiencia se deberá de subsanar con investigación completa del proceso a cargo de la parte gubernamental, recayendo en institutos como IMARPE, INRENA, MINISTERIO DE PESQUERIA, etc.
7. Estas investigaciones, incluirán resultados cuantitativos y cualitativos, su impacto en el medio ambiente y deberá contener un censo de las empresas,



su capacidad operativa, las condiciones en que opera y la atenuación a la protección ambiental que llevan a cabo.

- 8.- Profundizar el estudio de las condiciones del proceso de secado, ampliando los datos conocidos, ganando más experiencia y conocimiento, y compartiendo con otros los estudios llevados a cabo, buscando la cooperación para el mayor entendimiento del proceso de secado.
- 9.- Finalmente, se deben crear normas legales de límites máximos permitidos para los contaminantes arrojados a la atmósfera en la industria de la harina de pescado. Esto lo deberá realizar el estado a través de los institutos pertinentes y deberá incluirla como parte del PAMA, que se exige a las empresas harineras de pescado, pidiendo incluir metodología de trabajo y monitoreo, equipos y métodos de muestreo, y manteniendo personal entrenado que opere esta etapa de control ambiental.

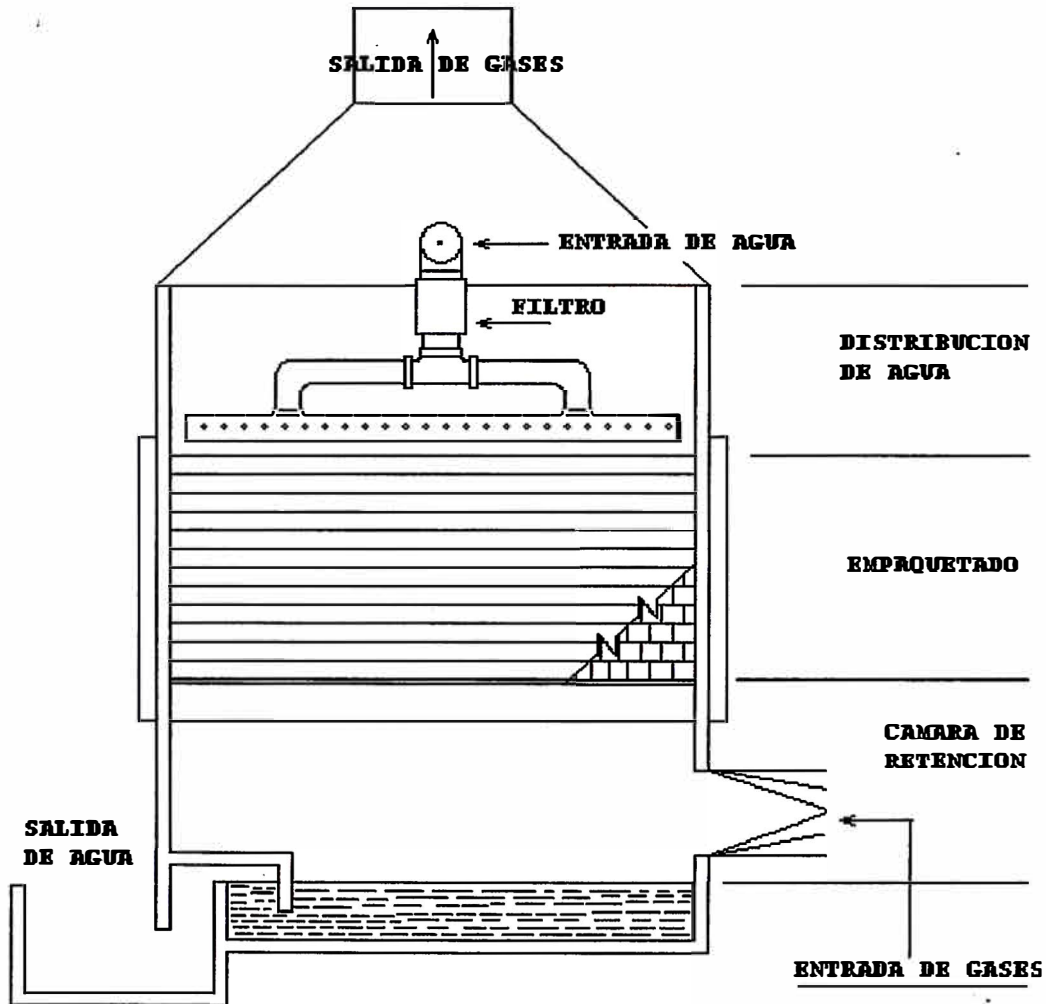
## **CAPITULO XI**

### **BIBLIOGRAFÍA**

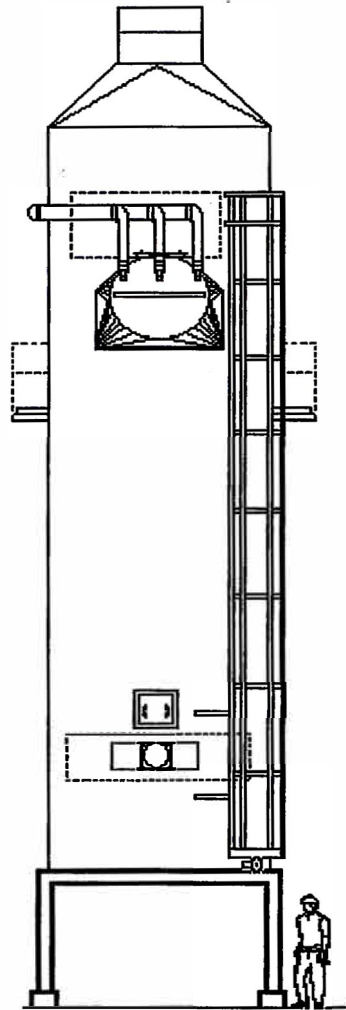
1. Landeo, G., Ruiz, A. “Producción de harina de pescado”, Segunda edición, Editorial de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. Pág. 15.
2. Fuentes, F. “Breve estudio de los malos olores provenientes de las fabricas de harina de pescado en la ciudad de Chimbote”, Tesis de grado para obtener el titulo de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 1970. Pagina 6.
3. Honorio, P. “Industria pesquera”. Segunda edición, editorial de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 1996. Página 18.
4. Norma Legal. Ley general de pesca. Decreto ley 25977. Diario El Peruano. Lima, Perú. Edición del 22 de Diciembre de 1992.
5. Villegas, F. “Evaluación de la contaminación en el área costeña y un programa de adecuación del medio ambiente”. Tesis de grado para obtener el titulo de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 1998. Página 21.
6. Martinez, A. “Composición química de los efluentes de la industria de harina de pescado”. Tesis de grado para obtener el titulo de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 1992. Página 33.
7. Rene, L. “El análisis de riesgos y puntos críticos de control crítico (HACCP) y su aplicación practica en la industria de harina de pescado”. Primera edición. Editorial de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 1996. Página 25.
8. F.A.O., “La producción de harina y aceite de pescado”, Décima novena edición. Editorial de la FAO, Roma , Italia, 1978. Página 145.
9. Medico, E., Turriate, J., Curso 1: Tecnología de control ambiental. Separatas del curso de actualización de conocimientos para la obtención de titulo profesional, Lima, Perú. 2002. Página I-19.
10. Hermman, F., Velásquez, F. “La problemática de la contaminación en el sector pesquero”, Tesis de grado para obtener el titulo de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 1998. Página 5.

11. Perry, R. Chilton, C. "Biblioteca del ingeniero químico". Quinta edición. Editorial Mc Graw Hill. México D.F. 1986. Volumen IV. Página 18-24.
12. Ramírez, J. "Manuales y reportes de producción". Superintendencia de la empresa pesquera Diamante S.A.. Callao, Perú. 1999. Página 18.
13. Vargas, J. "Libro de observaciones y reportes de producción, año 1998". Jefatura del Departamento de producción de la empresa pesquera Diamante S.A.. Callao, Perú. Pagina suelta, sin numeración.
14. Shoulkent, H., Asesor de producción de empresas pesqueras. Callao, Perú. 1999.
15. Robert E. Treybal. "Operaciones de transferencia de masa". Segunda edición. Editorial Mc Graw Hill. México D.F. 1986. Pagina 306.
16. J.M. Smith, H.C. Van Ness. "Introducción a la termodinámica en ingeniería química". Tercera edición. Editorial Calipso S.A. para Editorial Mc Graw Hill. México D.F. 1980. Pagina 116.

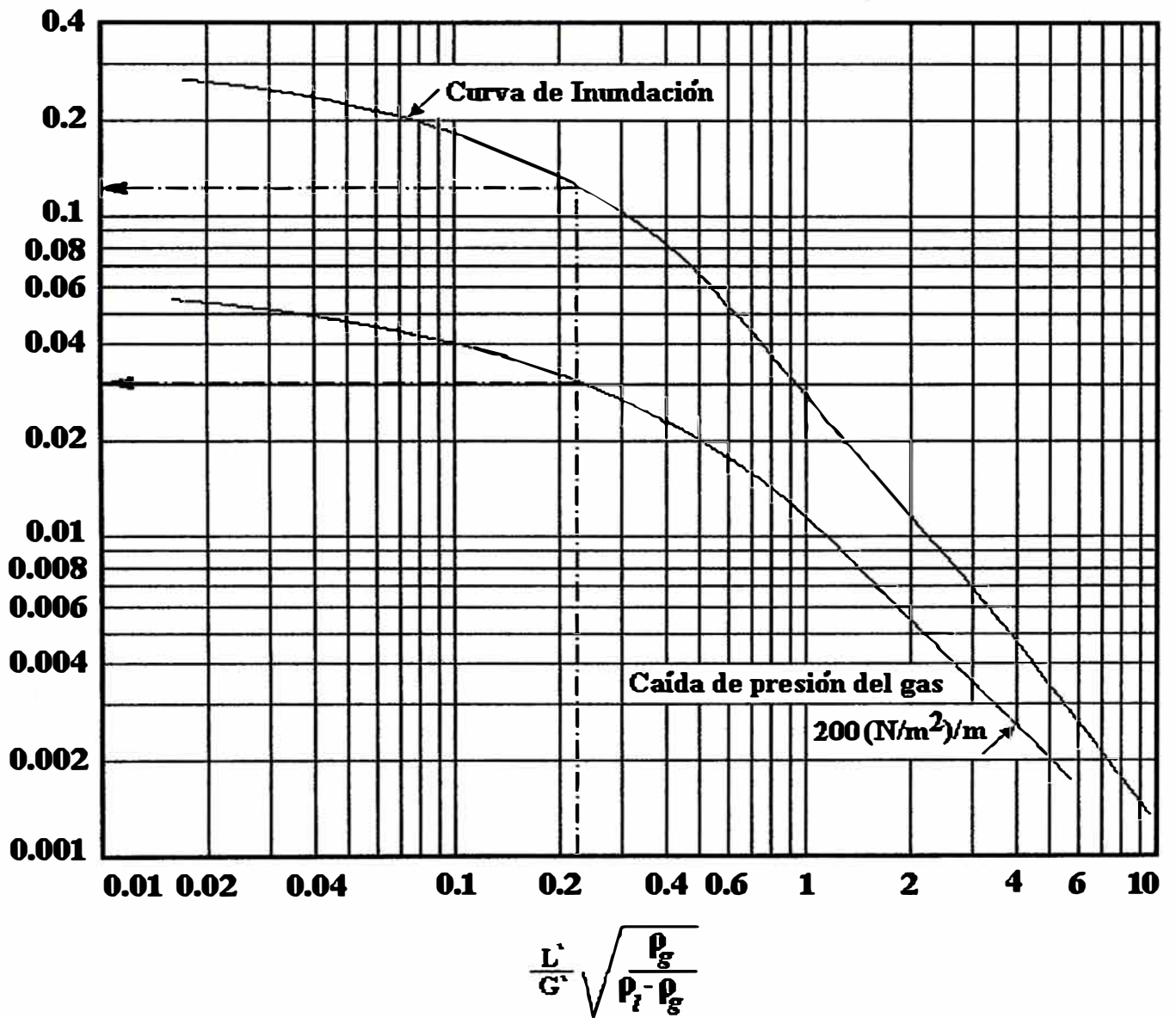
# TORRE LAVADORA DE GASES



**MODERNA TORRE LAVADORA DE CASES**



$$\frac{U_g^2 C_f \mu_l^{0.1}}{\rho_g (\rho_l - \rho_g) g_c}$$



Inundación y caída de presión en torres con empaques (coordenadas de Eckert)