

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA INDUSTRIA DE CONSERVAS DE PESCADO Y MARISCO.

Miguel Solana Pita. 52.991.314G Ingeniero Industrial por la Universidad Carlos III, Diplomado por la Universidad de Deusto y Master por la London School of Economics. email: [msolana@ieee.org](mailto:msolana@ieee.org)

Antonio Aznar Jiménez. 50.799.386E Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III. Av. de la Universidad 30. 28911-Leganés. Madrid. e-mail: [aaznar@ing.uc3m.es](mailto:aaznar@ing.uc3m.es).

### SUMMARY

In the following article, the authors propose an effluent treatment system in a fish and sea-food canning company. From the existing production system, they suggest the re-engineering of the process from the current single effluent system to a two-circuit system, in order to segregate the effluent with high fat concentration from the one with low fat concentration. To minimize consumption and pourings, it is also suggested the recycling of part of the water utilized in the process. At the same time, it is considered recovering part of the latent thermal heat from the thermal pourings. Complementarily, it is proposed the installation of straightforward depuration systems such as a Cavitation-induced Air Floating system (CAF), a centrifuge separator for fat dehydration and a sieve process to remove suspending particles from the effluent. By the the implementation of these correction measures and systems the effluents achieve values of solids in suspension concentration, organic biodegradable and non-biodegradable matter (OBM and OQM respectively), and also fat values, in line with the present legislation.

### RESUMEN:

En el presente trabajo se describe un sistema de depuración de aguas para una industria conservera de pescado y marisco. Partiendo del sistema actual de fabricación, se considera la reingeniería del proceso, modificando el sistema de desagüe desde el unitario actual, a uno separativo de doble circuito, con objeto de separar las aguas de alto contenido en grasas de las de bajo contenido. Se plantea así mismo, tanto el reciclado de parte del agua de proceso con objeto de una minimización de consumos y vertidos, como una recuperación de la energía calorífica latente en los vertidos térmicos. De manera complementaria se incorporan sistemas de depuración tecnológicamente sencillos de instalar y utilizar como son un sistema de flotación de grasas por aire inducido por cavitación (CAF), una centrifuga para la deshidratación de las grasas y un tamizado para la eliminación de sólidos en suspensión. Con los sistemas correctores y paliativos propuestos se alcanzan valores de sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable (DBO) y no biodegradable (DQO) y grasas conformes con la legislación vigente.

## I. INTRODUCCIÓN

El sector conservero de productos marinos es de gran importancia en Galicia, concentrándose en esta comunidad el 65% de la producción nacional de conservas de pescado y mariscos, con un volumen de 130.000 Tm/año y una facturación de 360,5 M€. Esta actividad genera en la zona unos 18.000 puestos de trabajo repartidos en 71 fábricas. El reparto es muy desigual, encontrándose concentrada hasta el 50% de la producción total del sector en menos del 15% de ellas. Geográficamente, la mayoría de la producción se localiza fundamentalmente en las rías de Arosa, Vigo y Pontevedra. Esta concentración en las rías, junto a que las mismas tienen una inferior capacidad de asimilación de los vertidos en relación con los litorales abiertos, dada la menor renovación de agua que en ellas se produce, hace que soporten una gran presión medioambiental. En la tabla 1 se recogen los datos de producción de las principales especies marinas procesadas por la industria conservera gallega, indicando el volumen estimado de efluentes vertidos por dicha industria.

| Tabla 1: Producción y valor de la misma de las principales especies marinas procesadas por la industria conservera gallega, y volumen de los vertidos acuosos generados (datos elaborados a partir de (Xunta de Galicia 1998) y (ANFACO 1999)) |                                |                |                               |
|--|--------------------------------|----------------|-------------------------------|
| Especie  | Volumen de producción (Tm/año) | Valor (M€/año) | Vertido (m <sup>3</sup> /año) |
| Atún   | 63.700                         | 144            | 1.042.000                     |
| Sardina  | 15.600                         | 36             | 1.987.000                     |
| Mejillón   | 7.800                          | 32,5           | 1.590.000                     |
| Cefalópodos  | 6.500                          | 11             | 94.000                        |
| Otros  | 36.400                         | 137            | 2.345.000                     |
| Total  | 130.000                        | 360,5          | 7.058.000                     |

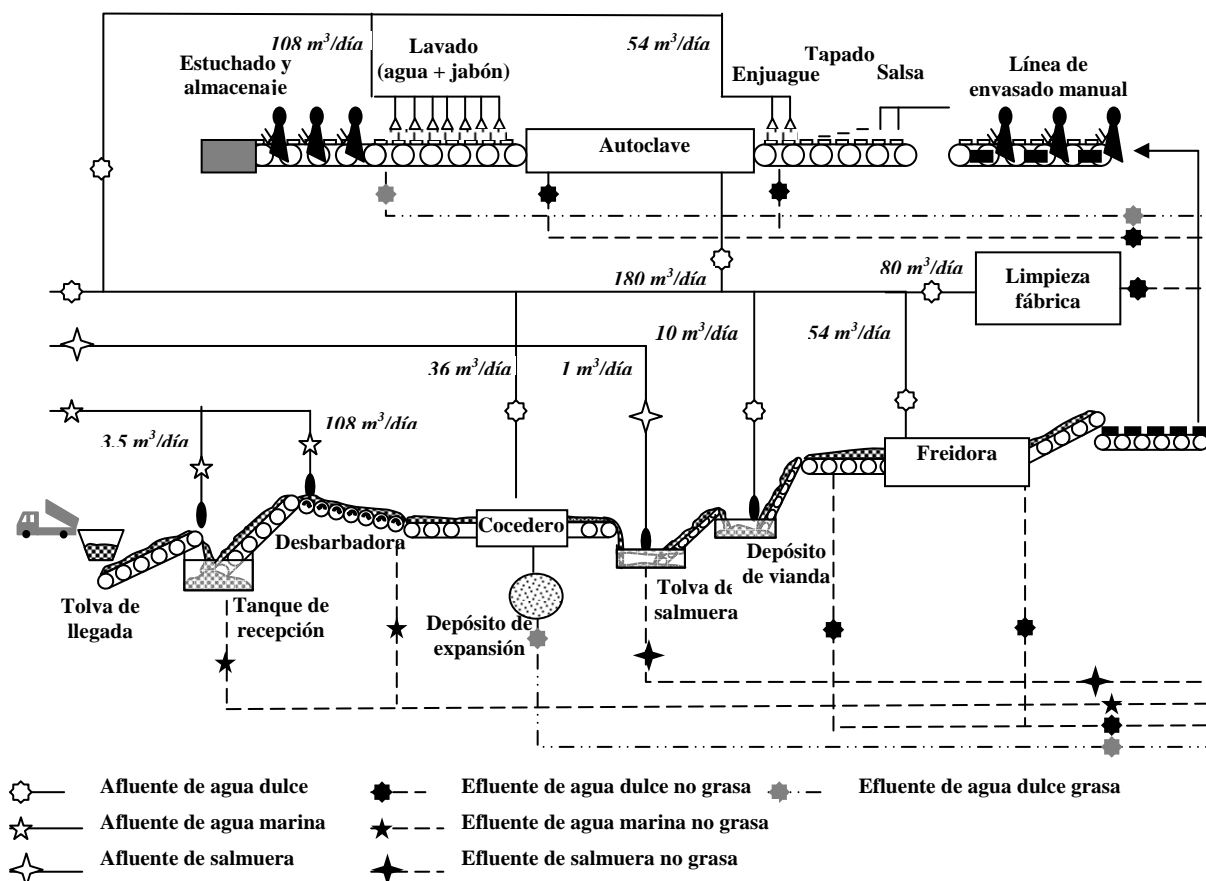
Los vertidos a las rías provocados por la industria conservera podrían reducirse si las empresas productoras tomaran las medidas adecuadas; de hecho, esta reducción va a ser fundamental para la propia supervivencia del sector, pues muchos de los productos que elaboran proceden de las propias rías (sobre todo el mejillón) y son dañados por estos vertidos. No hay duda de que una de las soluciones es la reingeniería de procesos en las líneas de producción, racionalizando al máximo el consumo de agua, reutilizándola o sustituyéndola por otros sistemas allí donde sea posible. Complementariamente a este tipo de acciones, las soluciones medioambientales pasan por el tratamiento de los efluentes contaminados (soluciones a final de tubería o “end of pipe”). Mediante estos procesos, los vertidos producidos son tratados para poder devolverlos al mar en unas condiciones razonablemente buenas para el mantenimiento del ecosistema.

## II. ANÁLISIS DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES.

La fábrica en estudio pertenece a la empresa Pita Hermanos, S.L., encontrándose situada en Villajuán (Pontevedra), en la costa sur de la ría de Arosa. Posee dos líneas principales de productos, la de producción de mejillón y la de atún, cada una de ellas con diversas presentaciones comerciales. Estas líneas de producción se esquematizan a continuación.

### A. Línea de producción de mejillón.

La producción de mejillón se efectúa generalmente a partir de mejillón fresco recogido en la propia ría o en alguna de las adyacentes, durante los seis primeros meses del año. Si por necesidades del mercado se tiene que envasar fuera de estas fechas, se utiliza mejillón congelado. Para la elaboración de las diversas presentaciones del mejillón, se sigue el siguiente procedimiento (esquema I):



ESQUEMA I.- Flujos de aporte de agua y de evacuación de efluentes de la línea de producción de mejillón.

- El mejillón entra en la fábrica en camiones que descargan su mercancía en una tolva exterior al edificio, desde donde se transportan mediante una cinta.
- Caen en unos grandes tanques donde el agua de mar amortigua el choque, impidiendo que se rompa su concha.
- Posteriormente, en la máquina de desbarbado, se eliminan los cirros, algas y otros objetos adheridos a la concha, mediante unos rodillos que giran en direcciones opuestas, agarrando estos sólidos y arrancándolos de la misma. El movimiento de los mejillones a lo largo de esta máquina se produce mediante empuje por agua de mar.
- El proceso posterior es la cocción. Para ello se utiliza un autoclave longitudinal de flujo discontinuo de 300 litros de capacidad, que trabaja a 130 °C en ciclos de 3 minutos de duración. A la salida del autoclave, los mejillones han alcanzado su punto de cocción, abriéndose y facilitando la separación

de la vianda (cuerpo carnosos) de la concha. El cocedero expulsa 300 litros de agua dulce de alto contenido en materia grasa (ver tabla 2) cada tres minutos a un depósito de expansión.

- El mejillón cae en un depósito de salmuera, donde por flotación se recoge la concha en un canal lateral auxiliar y se envía al depósito de residuos sólidos. La vianda es recogida del fondo del depósito y llevada por una cinta transportadora hasta otro depósito de agua dulce, eliminando así el sabor a sal que tendría el mejillón debido a su estancia en salmuera. De este segundo depósito, la vianda pasa a la freidora mediante una cinta horizontal de longitud suficiente para permitir que escurra y elimine la mayor cantidad de agua posible.
- La freidora es un baño de aceite de oliva por el que pasan los mejillones transportados por una cinta metálica. Para mantener el aceite a la temperatura adecuada existe un circuito de termostatación por agua. El mejillón sale de la freidora mediante otra cinta que acaba en unas cajas donde se recoge y pasa a la línea de trabajo manual.
- En esta línea se separa la vianda por tamaños y se coloca en latas, introduciéndose la salsa y tapando las mismas posteriormente. Las latas una vez cerradas, son enjuagadas exteriormente para eliminar los posibles reboses de aceite.
- Después del enjuague las latas son enviadas a un segundo autoclave de flujo discontinuo, para su esterilización a 110 °C entre 75 y 105 minutos, dependiendo del tamaño de la lata. Después de cada ciclo de esterilización el autoclave se lava con agua dulce para eliminar residuos.
- Las latas son llevadas a la línea de control y empaquetado, donde se realiza un lavado de las mismas con agua y detergente. Después de este lavado, las latas son recogidas por otra cinta transportadora colocándolas en el estuche y posteriormente se empaquetan en cajas para su envío a los puntos de venta.

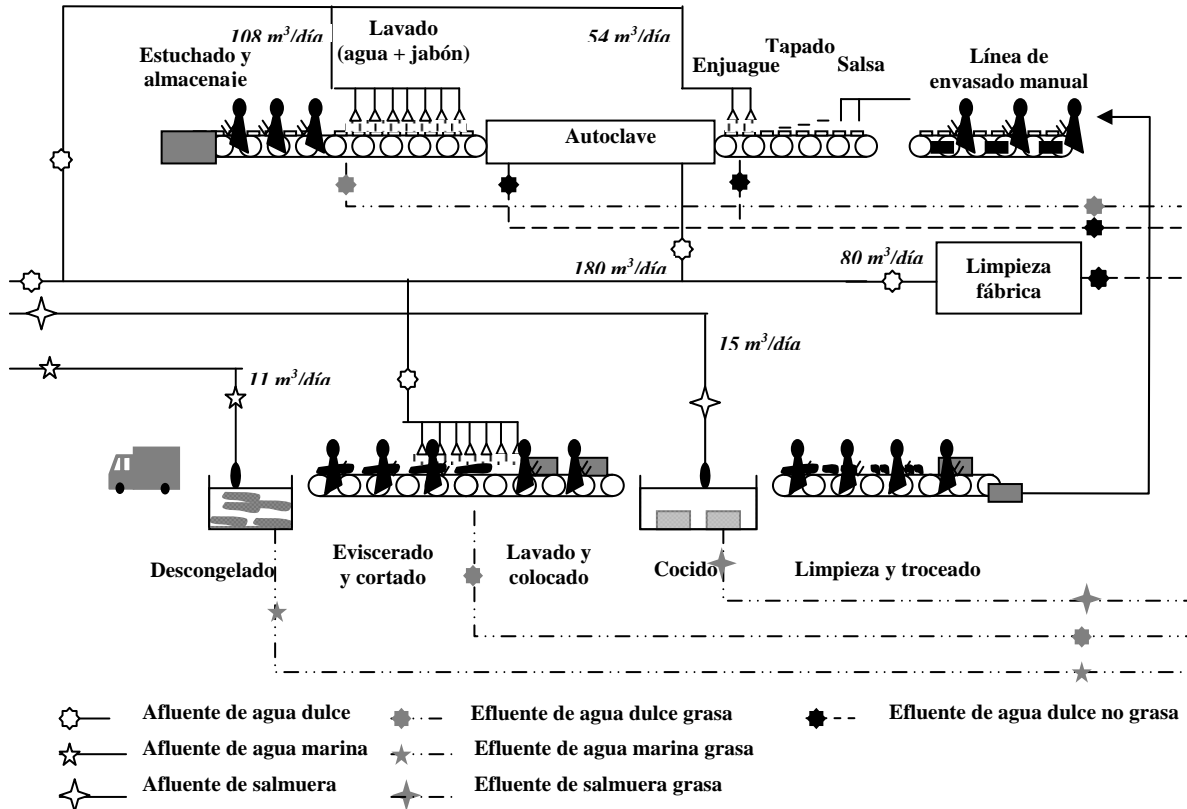
En la tabla 2 se indican los caudales de agua utilizados en cada una de las etapas descritas, así como las características del efluente producido.

| Tabla 2.- Características de las distintas corrientes acuosas efluentes de los procesos de fabricación. |  |   |   |              |               |               |                  |
|---|--|---|---|--------------|---------------|---------------|------------------|
|   | Caudal agua<br>salada<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal agua<br>dulce<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal<br>salmuera<br>(m <sup>3</sup> /día) | SS<br>(mg/l) | DQO<br>(mg/l) | DBO<br>(mg/l) | Grasas<br>(mg/l) |
| <b>Procesado mejillón</b>   |  |   |   |              |               |               |                  |
| Depósito de entrada   | 3,5  |   |   | *            | *             | *             | *                |
| Desbarbado  | 108  |   |   | 510          | 250           | 250           | 305              |
| Cocedero mejillón   |  | 36  |   | 957          | 13.556        | 7.168         | 3.543            |
| Baño de salmuera  |  |   | 1   | *            | *             | *             | *                |
| Depósito de vianda  |  | 10  |   | *            | *             | *             | *                |
| Freidora mejillón   |  | 54  |   | 210          | 1.378         | 495           | 1.507            |
| <b>Procesado del atún</b>   |  |   |   |              |               |               |                  |
| Descongelado  | 11   |   |   | 937          | 7.338         | 4.531         | 2.553            |
| Eviscerado  |  | 54  |   | 1.500        | 4.000         | 1.600         | 2.072            |
| Cocedero de atún  |  |   | 15  | 937          | 7.338         | 4.531         | 2.553            |
| <b>Procesos comunes</b>   |  |   |   |              |               |               |                  |
| Enjuague de latas   |  | 54  |   | **           | **            | **            | **               |
| Limpieza de autoclaves  |  | 180   |   | 510          | 250           | 250           | 682              |
| Lavado latas  |  | 108   |   | 105          | 2.940         | 893           | 1.631            |
| Limpieza de fábrica   |  | 80  |   | 1.535        | 2.073         | 650           | 603              |
| * Sin datos. Para el cálculo se supondrán similares a los del desbarbado                                |  |   |   |              |               |               |                  |
| ** Sin datos. Para el cálculo se supondrán similares a los de la limpieza de autoclaves                 |  |   |   |              |               |               |                  |

Además de los procesos descritos anteriormente, existe un consumo de agua dulce para limpieza y acondicionamiento de las instalaciones.

### B. Línea de producción de atún.

De forma complementaria a la descrita para la línea de producción de mejillón, se elabora el atún durante los seis últimos meses del año. De esta forma las instalaciones pueden ser utilizadas, en su mayor parte, durante todo el año. La elaboración del atún se efectúa mediante el siguiente procedimiento (esquema II):



ESQUEMA II.- Flujos de aporte de agua y de evacuación de efluentes de la línea de producción de atún.

- La primera operación que se realiza con el atún, una vez que entra en la fábrica, es el descongelado. Para ello se coloca el atún recién llegado en una piscina con abundante agua marina. Posteriormente se realiza el eviscerado, proceso en el que se limpia y se corta el atún. Por último se lava con agua dulce y se recoge en cajas metálicas según su tamaño.
- El siguiente paso es la cocción, que se realiza en salmuera a una temperatura de 98°C, introduciendo las cajas metálicas con el atún en cuatro grandes cocederos.
- Tras la cocción el atún, se deja reposar de forma que suelte la mayor cantidad de grasa posible, y posteriormente se pasa a la línea de trabajo manual. En esta línea se limpia el atún y se trocea, dando

lugar a los diferentes productos comercializados. Una vez troceado el atún, se coloca en la lata y se lleva a la línea de salsas y cierre. Desde aquí el proceso es idéntico al descrito para el mejillón.

En la tabla 2 se indican los caudales utilizados en cada una de las etapas descritas, así como las características del efluente producido.

### III. REDISEÑO DE LA CIRCULACIÓN DE AGUA.

Distinguiremos entre dos tipos de aguas residuales en función de su origen: las que al no diferir de las aguas residuales urbanas (aseos, vestuarios, cocinas, aguas pluviales, etc.) podrán verterse en el colector general, y aquellas que tras haber intervenido en el proceso de fabricación, serán tratadas en fábrica. El siguiente paso será segregar las aguas residuales, que se tratarán en fábrica, según el tipo de proceso posterior a que deban someterse. Aunque la diferencia más clara entre los afluentes de la fábrica es el contenido en sales (pues se utiliza tanto agua dulce como salada), no parece que este sea el criterio más adecuado para segregarlos una vez utilizados, puesto que el tratamiento posterior se diseñara en función de los contaminantes que se hayan introducido en el proceso de fabricación. Es decir, una separación de los flujos de agua según este criterio obligaría a duplicar las líneas de tratamiento, para que esto no ocurra es necesario buscar un criterio que distinga los flujos de forma que no exista duplicidad de tratamientos. Al ser la grasa la principal causante de la alta DQO del efluente, y de acuerdo con los criterios dados por Soto y col. (Soto et al. 1990) en estudios precedentes, parece razonable separar los efluentes con alto contenido en grasa de los de bajo contenido. En la tabla 3 se indican los caudales y parámetros característicos de los efluentes de fábrica, una vez rediseñados los circuitos de desagüe.

| Tabla 3.- Características de las distintas corrientes acuosas efluentes una vez rediseñadas los circuitos de desagüe. |   |              |               |               |                  |
|---|---|--------------|---------------|---------------|------------------|
|   | Caudal de agua<br>(m <sup>3</sup> /día) | SS<br>(mg/l) | DQO<br>(mg/l) | DBO<br>(mg/l) | Grasas<br>(mg/l) |
| <b>Procesado mejillón</b>   |   |              |               |               |                  |
| Aguas grasas  | 198                                     | 289          | 4.444         | 1.925         | 1.945            |
| Aguas no grasas   | 436,5                                   | 724          | 755           | 385           | 748              |
| <b>TOTAL VERTIDO</b>  | <b>634,5</b>                            | <b>588</b>   | <b>1.906</b>  | <b>865</b>    | <b>1.122</b>     |
| <b>Procesado del atún</b>   |   |              |               |               |                  |
| Aguas grasas  | 188                                     | 621          | 3.853         | 1.599         | 1.885            |
| Aguas no grasas   | 314                                     | 771          | 714           | 352           | 662              |
| <b>TOTAL VERTIDO</b>  | <b>502</b>                              | <b>715</b>   | <b>1.890</b>  | <b>819</b>    | <b>1.120</b>     |

### IV. MEDIDAS CORRECTORAS DE LOS EFLUENTES.

Una acción que tendría consecuencias ventajosas para el funcionamiento de la fábrica es recircular, en la medida de lo posible, el agua utilizada, reduciendo de esta forma la cantidad de agua necesaria y por tanto los costes de producción y tratamiento. El lugar donde esto tendrá una utilidad mayor es en la máquina desbarbadora, pues su consumo de agua es de 18 m<sup>3</sup>/h, lo que provoca un gasto de 108 m<sup>3</sup>/día, teniendo en cuenta que el canon de toma de agua de la ría es de 0,09 €/m<sup>3</sup> esto significa un coste para la empresa de 1.200 €/año. Para la reutilización del agua de la desbarbadora será necesario la colocación de una reja de desbaste para la eliminación de los cirros y posibles trozos de concha, así como una bomba de recirculación.

Otra posible acción a realizar es la instalación de un intercambiador de calor a la salida del cocedero de mejillones. Se estima en 0,85 MJ al día la energía térmica que se vierte junto con el agua de los cocederos, lo que supone un gasto anual de más de 3.000 €. Actualmente el agua expulsada del cocedero después de cada ciclo de cocción, se enfría con la que proviene de la máquina desbarbadora; con la recirculación propuesta anteriormente, esto deja de ser posible y el efluente que proviene del cocedero irá a la línea de tratamiento de efluentes con alta concentración de grasas para ser posteriormente vertida al mar. Utilizando un intercambiador, conseguimos el enfriamiento del efluente, de una forma mucho más eficiente y un mejor funcionamiento de las instalaciones de tratamiento. La reutilización de esta energía tiene al menos dos consecuencias positivas para la empresa; por una parte disminuye los costes de producción al reducir la energía necesaria en él y por otra, elimina el problema que surge con la recanalización del vertido térmico, para su tratamiento.

#### **A. Tratamiento del efluente con alta concentración de grasas.**

El objetivo que se persigue es atacar directamente cada problema de contaminación por medio de equipos simples y económicamente razonables para una empresa mediana. De esta forma, tanto los costes de instalación como de funcionamiento serán aceptables, haciendo viable la propuesta. A continuación se detalla el tratamiento propuesto:

- Canal de entrada.

Su misión será conducir el efluente hasta el sistema de tratamiento. Se construirá un by-pass que desviará el efluente hacia el pozo de vertido, en caso de avería en la instalación.

- Desbaste de sólidos gruesos.

Es necesario instalar una reja de desbaste para eliminar todas las partículas de gran tamaño que puedan influir en posteriores etapas de tratamiento, como escamas, pequeños trozos de algas, trozos de concha, cirros de mejillón, etc.. Son dos las características del efluente a tener en cuenta para la selección de la reja de desbaste a instalar en esta línea de tratamiento: el alto contenido en grasas y el tamaño de los sólidos a eliminar (escamas y cirros de  $\phi > 5$  mm). Estas dos características condicionan la elección del sistema que deberá tener una separación entre barras de 5 mm y limpieza automática.

- Regulación y homogeneización de caudales.

Tendrá como función principal amortiguar las fluctuaciones horarias de caudal y homogeneizar las concentraciones que se producen durante el proceso de fabricación (ver tablas 2). En el interior del tanque se instalará un sistema de agitación que tendrá la función de impedir la decantación de sólidos, facilitar el mezclado y evitar la formación de zonas anaerobias en el tanque. Al ser muy parecidos los caudales de aguas grasas del proceso de producción de mejillones ( $198 \text{ m}^3/\text{día}$ ) y de atún ( $188 \text{ m}^3/\text{día}$ ), se podrá aprovechar en su totalidad la capacidad de la balsa en ambos casos. Si los tiempos de permanencia son de entre siete y ocho horas, y sobredimensionando la instalación en un 12,5% para asumir tanto crecimientos de producción como el volumen perdido por elementos auxiliares, la capacidad total de la balsa será de unos  $30 \text{ m}^3$ .

- Flotación de grasas

Es el elemento clave de esta línea de tratamiento. En él se eliminarán del efluente la mayor parte de las grasas, obteniéndose a su salida un efluente preparado para ser vertido. La flotación de las grasas

irá acompañada de la flotación de materia sólida, con lo que la reducción de los parámetros de vertido de este efluente se reducirán aún más.

Debido al alto contenido en grasas del efluente, se recomienda la instalación de un sistema de flotación por aire inducido por cavitación (CAF), basado en la generación de micro burbujas de aire de un tamaño de entre 0,5 y 1 mm, que actúan directamente sobre el total de la masa de agua a clarificar. Para el diseño del sistema CAF a instalar en la planta de tratamiento, se realizaron pruebas en el laboratorio de la fábrica, en colaboración con ANFACO, la reducción en los parámetros contaminantes, por tanto, es una estimación realizada en laboratorio. Para este estudio, se tomó una muestra en el momento de vertido de efluente más contaminado (es decir, durante la última hora de procesado de atún) que contenía efluentes grasos de todas las fuentes, cada uno en volumen proporcional al caudal de vertido. Posteriormente la muestra fue homogeneizada y se simuló un proceso de separación de grasas similar al que provoca el sistema CAF. El ensayo fue realizado sin utilizar floculantes, resumiéndose los resultados en la tabla 4.

|                 | SS<br>(mg/l) | DQO<br>(mg/l) | DBO<br>(mg/l) | Grasas<br>(mg/l) |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|------------------|
| Agua de proceso | 878          | 5.640         | 3.089         | 2.245            |
| Agua tratada    | 132          | 1.290         | 803           | 253              |
| Rendimiento (%) | 85           | 77            | 74            | 89               |

- Deshidratación de grasas.

Las grasas flotadas en el CAF arrastran consigo cierta cantidad de agua (aparte de otras sustancias contenidas en el efluente) y dadas las condiciones exigidas por el Gestor Autorizado de Residuos para la aceptación de estas, será necesario reducir esta cantidad de agua. El sistema elegido para la separación es la centrifugación, teniéndose que tratar unos 350 kg/día.

|                           | Caudal de agua<br>(m <sup>3</sup> /día) | SS<br>(mg/l) | DQO<br>(mg/l) | DBO<br>(mg/l) | Grasas<br>(mg/l) |
|---------------------------|---|--------------|---------------|---------------|------------------|
| <b>Procesado mejillón</b> |   |              |               |               |                  |
| Aguas grasas              | 198                                     | 43           | 1022          | 501           | 214              |
| Aguas no grasas           | 325                                     | 159          | 278           | 129           | 270              |
| Agua reciclada            | 11,5                                    | 159          | 278           | 129           | 270              |
| <b>TOTAL VERTIDO</b>      | <b>534,5</b>                            | <b>116</b>   | <b>554</b>    | <b>267</b>    | <b>249</b>       |
| <b>Procesado del atún</b> |   |              |               |               |                  |
| Aguas grasas              | 188                                     | 93           | 886           | 416           | 207              |
| Aguas no grasas           | 314                                     | 154          | 214           | 106           | 199              |
| <b>TOTAL VERTIDO</b>      | <b>502</b>                              | <b>131</b>   | <b>466</b>    | <b>222</b>    | <b>202</b>       |

## B. Tratamiento del efluente con baja concentración de grasas.

El problema fundamental de este efluente es la alta concentración de sólidos en suspensión que posee. Esta alta concentración, además de ser un problema en sí mismo, genera una importante DQO y DBO en el efluente. Por tanto, la reducción de su concentración también ayudará a reducir estos parámetros, lo cual será básico para obtener un efluente en condiciones de ser vertido. En definitiva, la



realización de un proceso de eliminación de sólidos adecuado, puede hacer innecesaria la utilización de otros procesos de tratamiento posterior.

- Canal de entrada.

Su misión será conducir el efluente hasta el sistema de tratamiento. Para aprovechar la misma excavación y los mismos accesos, se construirá junto al canal de entrada al tratamiento, del efluente con alta concentración de grasas. Al igual que en éste, también se construirá un by-pass para desviar hacia el pozo de vertido el efluente en caso de avería en la instalación.

- Reja de desbaste.

Su función será la misma que en la línea de tratamiento del efluente con alta concentración de grasas. Será idéntica a la de la línea de aguas grasas con objeto de minimizar costes de reparación.

- Pozo de bombeo.

Su construcción es necesaria para mantener un caudal constante en el sistema de tamizado. Será un pozo de unos 50 m<sup>3</sup> de capacidad, con un tiempo de permanencia del efluente de entre 7 y 8 horas. Además, al haber pasado el efluente por la reja de desbaste no arrastrará sólidos grandes, de forma que la decantación en el pozo será mínima. En caso de ser necesaria la limpieza del fondo, ésta se realizará al final de la jornada de trabajo como una operación de mantenimiento más. El volumen de efluente a tratar por jornada está cerca de los 300 m<sup>3</sup>, el flujo de salida del tanque será de 40 m<sup>3</sup>/h. La salida del efluente no graso se regulará de forma que dure lo mismo que la de agua grasa, consiguiendo de esta forma la dilución del efluente con alta concentración graso por el de baja concentración una vez tratados ambos y antes de ser vertidos al mar.

- Tamizado.

La función del tamizado será eliminar del efluente los pequeños sólidos que contenga. El principio empleado es similar al del desbaste, diferenciándose únicamente en la luz de malla del separador y por tanto en el tamaño de los sólidos retenidos.

Debido a la baja concentración de grasas en este efluente, los problemas de obturación del tamiz por las mismas se reducirán a los provocados por algunos sólidos que puedan quedarse adheridos a la malla. Un sistema de limpieza continuo se encargará de eliminar estas partículas de su superficie. De este sistema de tratamiento saldrá una tubería que desembocará en el pozo de vertido. En la tabla 6 se recogen los resultados obtenidos para un agua no graso tipo durante los ensayos de laboratorio efectuados.

|                 | SS<br>(mg/l) | DQO<br>(mg/l) | DBO<br>(mg/l) | Grasas<br>(mg/l) |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|------------------|
| Agua de proceso | 771          | 714           | 352           | 662              |
| Agua tratada    | 154          | 214           | 106           | 200              |
| Rendimiento (%) | 80           | 70            | 70            | 70               |

### C. Elementos comunes.

- Pozo de vertido.

La unión de los dos efluentes antes de realizar el vertido a la ría tiene como ventaja fundamental conseguir unas características aún mejores que si se efectuara por separado. Esto se debe a su

"complementariedad", de forma que mientras uno de los efluentes tiene como característica principal una gran cantidad de sólidos en suspensión, el otro destaca por su concentración de grasas y sus altas DBO y DQO (ver tabla 5). Para lograr este mezclado de afluentes, las dos líneas de tratamiento han sido diseñadas de forma que duren aproximadamente lo mismo (entre 7 y 7.5 horas la línea de alta concentración de grasas y 7.5-8 la del efluente con baja concentración) con un cierto margen de seguridad de forma que, en caso de verterse un único efluente, este sea el menos contaminado, es decir el de baja concentración de grasas. Aparte de estos dos efluentes tratados, este pozo será el destino de los bypass proyectados para ser utilizados en caso de avería en alguna de las líneas de tratamiento, así como de las aguas residuales de tipo urbano.

Los valores de emisión del vertido tratado, como se puede ver en la tabla 5, cumplen los límites aplicables a la ría de Vigo (ver tabla 7), tomados como referencia al ser estos los que previsiblemente se establezcan en la mencionada ría. Así mismo también cumplen los límites marcados por la O.M. del 93 sobre instrucciones para el proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar. En el caso de los límites marcados por el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, los parámetros de vertido están muy próximos salvo en lo referente al contenido en grasas que son superados. Este análisis confirma que el tratamiento propuesto es suficiente en una primera etapa, como medida correctora dada la legislación vigente.

- Emisario.

El agua proveniente del pozo de vertido será enviada al mar tras el tratamiento en la fábrica. La forma de verter puede resultar clave para disminuir el efecto de los contaminantes del efluente en el mar. El vertido se realizará a una distancia considerable de la orilla (800-1000 m.) de esta forma se evitarán efectos como posibles olores y espumas, a los que es muy sensible la población y que podrían acarrear sanciones administrativas e incluso el cierre temporal de la fábrica. La regeneración de la playa colindante para uso marisquero y turístico hacen aún más crítico estos aspectos del vertido. Según fuentes de la Administración Local, no será necesario enterrar la tubería una vez superada la zona de playa, lo que disminuye el coste de tendido. La tubería deberá estar enterrada al menos 3 metros en la zona de playa, aunque el arenado incluido en la regeneración de la playa colindante hará este enterramiento innecesario. Superada la playa, la tubería estará sobre el suelo marino. La descarga del efluente en el extremo de la tubería se hará mediante un solo orificio y en dirección horizontal, aumentando así entre el 20 y el 30% la eficacia en la dilución conseguida con respecto a la descarga vertical.

| Tabla 7.- Concentraciones límite instantáneas de los parámetros de contaminación más significativos para los efluentes de la fábrica.         |              |               |               |                  |
|---|--------------|---------------|---------------|------------------|
|   | SS<br>(mg/l) | DQO<br>(mg/l) | DBO<br>(mg/l) | Grasas<br>(mg/l) |
| Parámetros aplicables en la ría de Vigo   | 600          | 1.000         | 600           | 400              |
| O.M. de 13 de julio de 1993 por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar (BOE 27-IV) | 600          | *             | 350           | *                |
| Reglamento del dominio público hidráulico.  | 300          | 500           | 300           | 40               |
| (*) Sin especificar   |              |               |               |                  |

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Empresa Hermanos Pita, S.L. por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo, tanto en la parte de toma de datos, como en la discusión de la viabilidad de las soluciones planteadas.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- ANFACO (1999) Curso sobre “Tratamiento de residuos generados por la industria conservera de pescados y mariscos: efluentes líquidos, emisiones atmosféricas y residuos de envases”.
- OMIL, F.; MÉNDEZ, R. y LEMA, J.M. (1994) “Impacto ambiental del sector conservero de productos marinos en Galicia”, Tecnología del agua, 128, 17-24.
- SOLANA PITA, M. (2000) “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas en una industria de conservas de pescado y marisco” Memoria Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III. Madrid.
- SOTO, M.; MÉNDEZ, R. y LEMA, J.M. (1990) “Efluentes residuales en la industria de procesado de productos marinos”, Ingeniería Química, 22 (255), 203-209.
- XUNTA DE GALICIA (1998). <http://www.xunta.es/conselle/pe/industria.htm>