



Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para Calvo Conservas El Salvador.

Cortez, A., Cruz, C., Pino, M., Osegueda, O.

Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, El Salvador.

oosegueda@uca.edu.sv

Abstract- Calvo Conservas El Salvador es una empresa elaboradora de productos a base de atún, la elaboración requiere del uso indispensable de agua dentro de la línea de producción; sin embargo debido al uso requerido, el agua posteriormente se convierte en agua residual la cual debe ser tratada, razón por la cual una planta de tratamiento que asegure la calidad del agua de descarga hacia un cuerpo receptor es fundamental para la operación de la planta.

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales se basa en las características del afluente a tratar, DBO, DQO, SST, SS, G&A, los cuales se fundamentan según la normativa de descarga de la región; para ello se requiere de la caracterización del agua a depurar a partir de la resolución de un balance de materia que contemple dichas características asimismo es indispensable la determinación del afluente a la planta de tratamiento.

El presente estudio muestra las metodologías implementadas para la caracterización del agua residual, así como los valores máximos permisibles de descarga de acuerdo a la normativa salvadoreña, la configuración seleccionada que permita la depuración de los contaminantes, la cual fue elegida de acuerdo a criterios establecidos que garanticen que la configuración propuesta es la indicada para Calvo Conservas El

Salvador. Asimismo se presentan las asunciones requeridas para la realización del balance de materia y la metodología de selección de la configuración propuesta.

Palabras clave- Agua residual, caracterización, diseño y planta de tratamiento.

I. INTRODUCCIÓN

A. *Proceso de producción de Calvo Conservas El Salvador*

Calvo Conservas El Salvador se especializa en la elaboración de dos tipos de producto principales: conservas y los lomos de atún.

La conserva de atún consiste en un producto elaborado a partir de la carne de cualquier especie de atún que sea apto para el consumo humano, ésta requiere un envasado hermético que puede ser vidrio, lata o bolsa de aluminio, y es sometido a un tratamiento de esterilización térmica que asegure la integridad del producto hasta el momento de su comercialización (Comisión del CODEX Alimentario, 2013).

La producción de conservas de atún involucra una serie de operaciones que permiten transformar la materia prima en conserva. El proceso inicia con la recepción y clasificación de la materia prima en la planta de producción para su posterior



colocación en jaulas dentro de una cámara frigorífica a la espera de ser procesado. Una vez establecida la agenda de producción, el atún continúa en una cadena de operaciones: descongelado, corte y eviscerado, lavado, desangrado del atún, cocimiento y enfriamiento, limpieza de pescado para eliminación de piel y escamas, producción de lomos, empaque y envasado, lavado y esterilizado, etiquetado y almacenamiento.

Por otro lado, los lomos de atún consisten en un producto semielaborado empacado al vacío y que posteriormente es empleado como materia prima en otras plantas de producción para transformarlo en conserva.

El proceso de producción de lomos de atún posee una serie de etapas comunes con la elaboración de conservas, sin embargo, la producción de conservas requiere ciertas etapas adicionales a las demandadas por los lomos de atún.

Ambos productos inician con el descongelamiento del pescado, seguido del corte, lavado, desangrado del atún, cocción, enfriamiento y limpieza; separándose las líneas de producción en el área de empaque, ya que en ella, los lomos son envasados en bolsas plásticas especializadas y sellados al vacío, para luego ser almacenadas en túneles de congelamiento; mientras que las conservas de atún continúan la cadena productiva hasta obtener el producto envasado y esterilizado.

La conserva y los lomos de atún son productos destinados al consumo humano, por lo que su producción requiere un cuidado especial de higiene en el proceso para asegurar que se tengan condiciones favorables en cada una de las operaciones involucradas en la preparación del producto final; razón por la

cual, Calvo Conservas El Salvador, ejecuta dos tipos de limpieza por área de producción: una limpieza superficial realizada en cada cambio de turno, así como en intermedios del mismo, y una limpieza profunda ejecutada los días viernes de cada semana. Adicionalmente, se lleva a cabo diariamente el lavado de las bandejas, anaqueles y los mandilones utilizados por los operarios de la planta.

Por otro lado, en Calvo Conservas El Salvador se realizan una serie de operaciones adicionales a las involucradas directamente en el proceso de producción de lomos y conservas de atún, siendo una de las primordiales la fábrica de harinas, en la cual se produce harina y aceite de pescado a partir de los desechos sólidos y de los caldos generados en el proceso de producción principal. Además, genera un flujo de agua residual en el comedor, en la descarga de la lavadora de anaqueles, así como también por el lavado de manos del personal auxiliar, incluyendo las oficinas técnicas y administrativas de la empresa.

Los procesos mencionados para la producción de lomos y conservas de atún involucran el consumo de agua que posteriormente se transforma en agua residual y que requiere de un tratamiento adecuado previo a su deposición final.

B. Marco legal aplicable a las aguas residuales provenientes de una planta de conservas de atún en El Salvador

La norma salvadoreña: NSO.13.49.01:09 “Aguas. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor” establece las características físico-químicas, microbiológicas y radiactivas



permisibles para la descarga de aguas residuales, con el fin de proteger los cuerpos receptores de agua.

La norma establece los parámetros de descarga permisibles para aguas residuales del tipo ordinario e industriales. Dentro de las aguas industriales se tiene un despliegue de los parámetros de acuerdo a la actividad realizada en la industria, para el caso específico del procesamiento de atún en conservas se tienen los valores mostrados en la Tabla I.

TABLA I
COMPOSICIONES DEL EFLUENTE PARA ESCENARIO PUNTA Y MEDIO

Actividad	SST (mg/L)	SS (mL/L)	G y A (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
Procesamiento del atún y sus derivados	350.0	15.0	50.0	1800.0	600.0

Fuente: Elaboración propia

El conocimiento de las exigencias de la norma mencionada toma relevancia debido a que en el diseño de la planta de tratamiento es necesario considerar que la configuración de depuración propuesta genera un efluente de descarga al cuerpo receptor con concentraciones inferiores a las presentadas en la Tabla I.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la propuesta a realizar fue necesario definir los parámetros de diseño y la cuantificación de los mismos; el proceso se

dividió en dos etapas principales: la determinación y cuantificación de cada uno de los flujos involucrados dentro del proceso, para lo cual se llevó a cabo un balance de aguas residuales, y, la caracterización de dichas aguas con el fin de conocer las características fisicoquímicas y carga contaminante presente. En adición a ambas determinaciones que permitieron ejecutar el diseño de la propuesta, se empleó el método AHP para la selección de la alternativa de PTAR que se adecuase a las necesidades de Calvo Conservas El Salvador.

A. Balance de aguas residuales para Calvo Conservas El Salvador.

Determinar la cantidad de agua residual generada en el proceso de producción fue fundamental para el presente estudio, ya que para el diseño de la planta de tratamiento es necesario conocer el caudal diario a tratar, es por ello que fue necesario llevar a cabo un balance de agua que permita establecer la generación de aguas residuales por etapa de producción.

Para la ejecución del balance de aguas se realizaron distintas mediciones y estimaciones, con el objetivo de generar un perfil de consumo y generación de agua por etapa, que permitiese posteriormente conocer la generación total de aguas residuales provenientes de la planta de procesamiento de atún, de forma que, pueda determinarse así el caudal diario de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Las mediciones realizadas en cada una de las áreas de proceso constaron de relaciones de volumen-tiempo con el fin de



obtener caudales generados por etapa; por otro lado en las áreas donde se poseían medidores de flujo, se realizaron lecturas de los mismos para obtener los flujos de consumo y a partir de éstos estimar la generación de agua residual.

Con el fin de obtener un perfil detallado de las aguas residuales se ejecutaron mediciones y estimaciones en todas las etapas del proceso de producción de lomos y conservas, así como en aquellas etapas complementarias y actividades que contribuyen a la generación de aguas residuales que serían tratadas por la PTAR a excepción de las aguas negras.

B. Caracterización de aguas residuales

El dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere contemplar todos los parámetros fisicoquímicos bajo los que ésta operará, de forma que sea posible depurar de manera eficiente el afluente de la planta de tratamiento que permita alcanzar los niveles de contaminación bajo reglamentación para su posterior vertido.

La toma de muestras se realizó en el pozo de bombeo, en donde se unen todas las aguas resultantes de los procesos llevados a cabo en la planta.

Es importante destacar que en el análisis no se considera el agua residual proveniente de los servicios sanitarios, únicamente el correspondiente al lavado de manos, ya que el resto es desviado a una fosa séptica.

Con el propósito de obtener resultados que permitiesen describir el comportamiento de las características

fisicoquímicas del afluente a la planta de tratamiento existente actualmente, se realizaron nueve mediciones de muestras compuestas, en diferentes días y horarios, de forma que se abarcara la mayor cantidad de escenarios posibles, en los que la descarga estuviese formada tanto por aguas conformadas netamente por el procesamiento del atún, así como una combinación de aguas de proceso y aguas generadas en la limpieza de las distintas áreas, y también el impacto causado por la descarga de la balsina de limpieza de anaqueles. Los muestreos se realizaron para distintas horas y días de operación de la planta, aproximadamente durante un mes, contemplando tanto el horario diurno y nocturno, así como el horario de limpieza profunda de la planta.

Para la caracterización de las aguas residuales se emplearon distintas marchas analíticas en adición de otros métodos de determinación de parámetros, a continuación se detallan las marchas empleadas para cada uno de los análisis, así como los métodos adicionales:

- Grasas y Aceites: marcha estándar 5520 de APHA y AWWA (1999).
- Sólidos Suspendidos Totales: marcha estándar 2540A de APHA y AWWA (1999).
- Sólidos Sedimentables: marcha estándar 2540D de APHA y AWWA (1999).
- DQO: espectrofotómetro PF-12 de Macherey-Nagel



- DBO: botellas Oxitop Control B6.

C. Selección de planta de tratamiento

Para la selección de la planta de tratamiento se identificaron las diversas operaciones recomendadas en la literatura para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del procesamiento de atún, a partir de ello se plantearon 4 alternativas iniciales, las cuales poseían una secuencia de tratamiento preliminar equivalente, acentuando su diferencia en la configuración de tratamiento primario y secundario.

Cabe destacar que dentro de la selección no se incluyeron propuestas de tratamiento de lodos, debido a que actualmente Calvo Conservas El Salvador cuenta con un sistema de tratamiento que consiste en el acondicionamiento de los lodos y su posterior deshidratación en un filtro prensa, el cual presenta resultados satisfactorios, por lo que éste fue considerado aplicable a las 4 propuestas de planta de tratamiento de aguas residuales.

La selección de la configuración de planta de tratamiento se realizó en dos etapas, la primera de ellas consistió en una preselección basada únicamente en un análisis de eficiencias de remoción de la carga orgánica, sólidos, grasas y aceites contenidas en el agua residual generada en la planta de Calvo Conservas El Salvador, de forma que se asegurara que el efluente de la planta de tratamiento cumpliera con las exigencias de cada uno de los parámetros establecidos por la norma salvadoreña.

Una vez efectuada la preselección, se procedió a la segunda etapa, en la que mediante la aplicación del método del proceso analítico jerárquico (AHP) se seleccionó la configuración de planta de tratamiento que corresponde a la propuesta final de depuración de las aguas residuales de Calvo Conservas El Salvador, asegurando una elevada eficiencia y los menores costos de inversión. Las dos configuraciones evaluadas constan de un mismo pretratamiento y tratamiento biológico, presentando diferencia únicamente en el tratamiento primario, para el cual se propuso un tren basado en sedimentación química y el otro constituido por un sistema de tamiz de tambor rotario-DAF.

El proceso analítico jerárquico consiste en un método de análisis de decisión multicriterio, basándose en una formulación lógica y racional del problema en estudio. El AHP es una herramienta que consiste en la descomposición del problema en una estructura jerárquica, con el objetivo de estudiar las distintas alternativas disponibles, haciendo cambios en la importancia de los elementos que definen el problema de decisión. La descomposición jerárquica permite organizar la información respecto del problema de decisión, analizándola por segmentos, visualizando los efectos en los cambios de niveles y sintetizándola (Martínez Rodríguez, 2011).

1. Criterios de evaluación

La selección por el método AHP se efectuó en base a 4 criterios de evaluación, los cuales contemplan tanto el funcionamiento de los procesos planteados en términos de la remoción de la carga contaminante de las aguas residuales, así como otros aspectos asociados a la operación de la planta de tratamiento



de aguas residuales. A continuación se presentan los 4 criterios considerados.

- Costos de operación: Se desea seleccionar aquella alternativa que genere un menor costo de operación y que a la vez permita que el proceso cumpla con los requerimientos establecidos por la legislación actual para las aguas provenientes del proceso de conservas de atún.
- Inversión inicial: La configuración de operaciones unitarias a seleccionar debe lograr la remoción necesaria, pero de igual forma se requiere que presente
- la menor inversión inicial en cuanto a la elección de tecnología, lo cual genere una mayor rentabilidad del proyecto.
- Eficiencia de remoción de contaminantes: La planta de tratamiento debe cumplir los parámetros establecidos en la normativa salvadoreña, por lo que la eficiencia de remoción de las operaciones unitarias debe poseer un alto porcentaje de remoción de la carga contaminante que permita alcanzar la calidad del efluente final deseada para la descarga al cuerpo receptor.
- Requerimiento de espacio: Debe analizarse el requerimiento de espacio de cada una de las configuraciones planteadas, de forma que se elija una configuración que se adapte a las necesidades y a las condiciones reales.

D. Balance de materia para planta de tratamiento seleccionada

El balance de materia se realizó en base a las características del afluente a la misma, para ello se utilizó el caudal medio proyectado al año 2025 (0.0318 m³/s) y las concentraciones medias reportadas en la caracterización de las aguas residuales provenientes de la planta. Así mismo, se realizaron los balances requeridos en los casos de las concentraciones punta, de forma que se pudiese verificar que el tren propuesto cumpliera con la depuración deseada inclusive en momentos en que la operación de la planta generase agua residual con alta carga contaminante.

A partir de los valores reportados para el escenario promedio, así como para el escenario más contaminante, se realizó el balance de materia en cada una de las etapas de tratamiento de depuración.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Caudal de diseño

La estimación del caudal de aguas residuales generado en la planta de procesamiento de atún es uno de los factores imprescindibles para el diseño de la planta de tratamiento, ya que a partir de este parámetro es posible realizar el dimensionamiento de la planta y de cada uno de los equipos que conforman los procesos de depuración requeridos para obtener la calidad del efluente deseada, cumpliendo así los parámetros exigidos por la ley salvadoreña.

Si bien la generación de aguas residuales depende del proceso que se lleve a cabo dentro de la planta, de la cantidad de atún crudo procesado y de otras variables como descargas



irregulares (descargas por limpieza profunda y lavadora de anaqueles), es necesario realizar la estimación de un caudal promedio que permita efectuar un dimensionamiento adecuado de la planta de tratamiento.

La estimación del caudal medio se realizó a través de las mediciones de flujo realizadas en todas las etapas de proceso de la planta de producción, así como de las descargas de las operaciones y procedimientos complementarios. Sin embargo, no todos los flujos medidos contribuyen en una misma medida en el caudal medio de diseño, esto es debido a que la descarga de algunas operaciones no se realiza a diario, sino que se ejecuta cada semana, o en algunos casos la descarga es irregular. Por consiguiente, de todos los flujos medidos, fue necesario realizar una selección, de forma que se pueda determinar qué operaciones inciden en el caudal medio diario.

Una de las descargas que no se realizan a diario es la proveniente del proceso de la limpieza profunda en la planta procesadora de atún, ya que dicha tarea es realizada únicamente los días viernes, cuando las áreas de la planta se encuentran detenidas, razón por la cual, fue posible afirmar que el flujo de descarga generado por la limpieza profunda no implica un caudal de descarga adicional sobre el caudal generado únicamente por el proceso, puesto que no se realizan de manera simultánea. En adición, se determinó en las mediciones que el caudal de limpieza profunda no supera al caudal reportado por las descargas generadas en las operaciones regulares de la planta.

Por otro lado, se tiene la descarga generada por la balsina de limpieza de anaqueles con soda cáustica. El proceso de limpieza

de los anaqueles se lleva a cabo dentro de una balsina diseñada especialmente para este proceso, la cual contiene una solución de soda caustica caliente donde son sumergidos los anaqueles, la descarga de esta balsina ocurre de forma irregular, ya que el período de cambio de la solución de soda se realiza cada dos semanas tentativamente, por lo que no incide en el flujo diario. Por otro lado la descarga de esta balsina se realiza durante la limpieza profunda o los días lunes por la mañana antes que la planta se encuentre trabajando de forma regular, así que es posible afirmar que la descarga de la balsina no genera un impacto mayor en el caudal medio a establecer para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Consecuentemente, para la estimación del caudal promedio de agua residual generado actualmente en Calvo Conservas El Salvador, se consideraron las descargas de agua residual generadas por el proceso de producción, así como los flujos medidos para las limpiezas superficiales de las áreas de producción, debido a que el flujo de descarga de dichas limpiezas es realizada a diario y por consiguiente posee incidencia en el caudal diario reportado para la producción de lomos y conservas en la planta. Adicionalmente, se consideraron los flujos correspondientes a las operaciones complementarias, es decir aquellas que no forman parte del proceso de producción pero que tienen incidencia en la generación de aguas residuales, ya que son operaciones que se llevan a cabo diariamente dentro de la planta; estas operaciones incluyen la fábrica de harinas, el comedor y el lavado de manos de personal auxiliar.



La sumatoria de los flujos mencionados corresponden al caudal total actual de la planta procesadora de lomos y conservas de atún, de Calvo Conservas El Salvador, obteniéndose un total de 1961.33 m³/d.

Si bien se posee el flujo en m³/d, es importante reportar el caudal de la planta respecto a las toneladas crudas de atún procesadas, de forma que además de conocer la contaminación producida por cada área pueda determinarse la contaminación producida por las toneladas de atún crudo procesado; al reportar el caudal de esta forma es posible conocer en un futuro el caudal de agua residual que se generaría al procesar una cantidad determinada de toneladas de atún.

Al realizar la estimación del caudal de aguas residuales generado en la planta por tonelada de atún procesado se realizó la asunción que todo el atún crudo pasa por cada una de las etapas de producción, obteniéndose un caudal de generación de agua residual de 13.08 m³/ton de pescado crudo, ya que en Calvo Conservas El Salvador se posee una programación de producción para el año 2014 de 150 ton/d.

Una vez obtenido el caudal promedio actual, fue necesario contemplar los incrementos que éste pudiese presentar en el futuro, esto con el objetivo de diseñar una planta de tratamiento que posea una vida media de 10 años. Es por ello que se realizaron proyecciones pertinentes del caudal, de forma que se asegurase que la planta propuesta cumpliera con los requerimientos de diseño y fuese capaz de tratar el caudal a generarse en años posteriores.

Debido a que la vida media del proyecto es de 10 años, se realizó la proyección del caudal medio diario estimado en el año 2014 para 10 años más tarde, iniciando desde el año 2015, puesto se espera que la construcción de la planta se lleve a cabo durante ese período.

La proyección se realizó a partir de la producción promedio establecida para el año 2014 con un crecimiento anual sostenible en el tiempo igual al 2%, dato brindado por el Jefe de Planta de Calvo Conservas El Salvador, lo que permitió determinar las toneladas anuales de atún crudo a procesar en el año 2025, resultando un total de 43883.80 ton/año. Calvo Conservas El Salvador trabaja un promedio de 240 días al año, por lo que en el año 2025, se procesarán alrededor de 183 ton/d de atún crudo. A partir de ello fue posible obtener el caudal medio de agua residual que se generará en el año 2025, obteniéndose un caudal de diseño de 2392.81 m³/d. El caudal medio de diseño obtenido anteriormente requiere de un sobredimensionamiento, con el fin de asegurar que el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales sea óptimo, y que en caso que el caudal aumente de forma repentina o presente variaciones inesperadas, los equipos de la planta se encuentren en la capacidad de operar bajo esa particularidad.

Para el sobredimensionamiento del caudal se utilizó un factor de sobrediseño del mismo del 15%. A partir de este valor y con el caudal de diseño medio igual a 2392.81 m³/d, se obtiene un caudal sobredimensionado de 2752.00 m³/d, equivalente a 0.0318 m³/s. En la Tabla II se presentan los resultados de las mediciones para la determinación del caudal medio de diseño.



TABLA II
CAUDALES DE DISEÑO

Caudal medio 2014	1961.33 m ³ /d
Caudal por atún procesado	13.08 m ³ /ton
Caudal medio año 2025	2392.81 m ³ /d.
Caudal medio sobredimensionado	2752.00 m ³ /d

Fuente: Elaboración propia

B. Composición de afluente a depurar

En adición de la determinación del caudal medio de diseño fue necesario establecer la composición de la carga contaminante presente en las aguas residuales, ya que al definir dichos parámetros es posible proponer un tren que permita la depuración efectiva de las aguas.

La diversidad de datos obtenidos muestra la gran variabilidad de la carga orgánica que puede presentar el afluente de acuerdo al proceso que se esté realizando, por lo que la planta de tratamiento a proponer deberá ser capaz de depurar el agua residual inclusive en las peores condiciones reportadas. Los parámetros medidos pueden dar una idea puntual de la operación que se está llevando a cabo dentro de la planta. Las elevadas temperaturas, así como altos valores de DQO y DBO, hacen referencia a los procesos de cocción, tanto en balsinas como en los cocedores, de igual forma un pH básico con alta temperatura refleja la descarga de la balsina lavadora de anaqueles, debido a que en ella se utiliza sosa cáustica (sustancia altamente básica) para la limpieza de los anaqueles.

Los demás resultados obtenidos representan las características del agua residual generada por varios procesos simultáneos.

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se determinaron dos casos fundamentales, para los cuales se debe asegurar un funcionamiento óptimo de la planta, es decir que permita la depuración del agua de descarga conforme a los valores de los parámetros establecidos por la ley.

El primer escenario consiste considerar las concentraciones punta obtenidas en los análisis realizados, de forma que se asegure que en caso de aumentar la carga contaminante hasta dichos valores, el proceso de depuración cumpla con las normativas de vertido vigentes, razón por la cual se ha establecido que el diseño de la planta de tratamiento sea capaz de depurar una carga contaminante punta. Es necesario destacar que los valores de concentración punta únicamente se presentan en situaciones de producción bastante puntuales, en los que haya descargas continuas de etapas que presenten alta carga contaminante, dichos sucesos no son usuales (ocurren con irregularidad) y no representan una media de la contaminación generada a diario en la planta, razón por la cual el diseño a proponer deberá ser capaz de alcanzar la depuración deseada aun cuando se presenta dicha situación, pero no es el principal escenario a desarrollar, puesto que no representan lo que sucede diariamente.

Si bien la planta de tratamiento debe ser capaz de depurar aguas residuales con una alta carga contaminante, el diseño de ésta debe estar enfocado en mayor parte a cumplir con la depuración del agua residual con los valores promedios de contaminación reportados para las mediciones realizadas; es

por ellos que el segundo escenario contempla un promedio de las concentraciones obtenidas en los muestreos llevados a cabo en el pozo de bombeo, en el que se unen las aguas residuales generadas en toda la planta.

En la Tabla III se presentan los valores máximos de carga contaminante presentados para cada parámetro en análisis, mostrando así uno de los peores escenarios que pudiesen presentarse en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales. Asimismo en dicha tabla se muestran los valores promedio reportados, de forma que se establezcan las características promedio del afluente a tratar.

TABLA III

COMPOSICIONES PUNTA Y MEDIA DEL AFLUENTE A DEPURAR

Escenario	SST (mg/L)	SS (mg/L)	G y A (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
Punta	6678	100	4832	21596	11261.4
Medio	2547.3	41.4	1380.9	10790.4	4866.8

Fuente: Elaboración propia

C. *Planta de tratamiento seleccionada*

A partir de la ejecución del método AHP se determinó que la planta que más se adecua a las necesidades de depuración de las aguas residuales generadas en Calvo Conservas El Salvador es aquella que posee sedimentación química y un tratamiento de lodos activados, la Fig. 1 muestra el esquema depurativo.

La planta de tratamiento seleccionada inicia con un pretratamiento, el cual está constituido de una etapa de cribado medio para remover las partículas de mayor tamaño (el tamaño de éstas dependerá del tamaño de malla a emplear) que podrían obstruir tuberías o accesorios posteriores, y un cribado fino para eliminar una porción de los sólidos de menor tamaño, dependiendo del tamaño de malla de la criba.

Asimismo, el efluente de agua residual generado en el proceso de producción de conservas de atún posee un elevado contenido de grasas y aceites; razón por la cual, se hace necesario incluir dentro del pretratamiento una trampa de grasas que permita reducir el contenido de grasas y natas.

En adición a dichas etapas de acondicionamiento, es usual que al pretratamiento le preceda un tanque equalizador, representado por el punto A, el cual sea capaz de amortiguar las fluctuaciones del caudal generado en la planta de procesamiento, dosificando un flujo constante a la etapa de tratamiento primario.

La caracterización del agua residual generada en Calvo Conservas El Salvador refleja que en su depuración debe incluirse un tratamiento secundario, debido a que posee unos niveles elevados de DBO y DQO; por lo tanto, finalizado el tratamiento primario, el agua residual procede a una etapa de tratamiento biológico, en el que los microorganismos se encargan de llevar a cabo la degradación de la materia orgánica, para ello se propuso un sistema de lodos activados, compuesto por un reactor seguido de sedimentador secundario finalizando así el tren de depuración de aguas. En el sedimentador secundario se obtienen de acuerdo a la Fig. 1 dos



corrientes principales, la del efluente de la PTAR y los lodos secundarios, los cuales se separan en el Punto B, donde parte de ellos es recirculado hacia el sistema y el resto es enviado hacia el punto C donde inicia el tratamiento de lodos.

En adición al tren de aguas, se continua la propuesta a través de una línea de tratamiento de lodos, de forma que, los lodos provenientes del tratamiento primario como resultado de la sedimentación química, son mezclados en el punto C de la Fig 1, con los lodos secundarios generados en el tratamiento biológico, para dar paso a su acondicionamiento químico previo a su deshidratación dentro de un filtro prensa, donde se obtiene como resultado dos corrientes de salida: una de ellas corresponde a los lodos secos y la otra a los lixiviados, los cuales son recirculados e inyectados nuevamente a la planta de tratamiento en el Punto A que representa el tanque equalizador de la planta.

D. Resultados de balance de materia: composición de efluente de planta de tratamiento

A partir de los balances realizados en cada una de las etapas que conforma el proceso de depuración de la planta de tratamiento propuesta, se obtienen los resultados presentados en la Tabla IV, en ella se presentan las características fisicoquímicas de los escenarios estudiados.

TABLA IV
COMPOSICIONES DEL EFLUENTE PARA ESCENARIO PUNTA Y MEDIO

Escenario	Caudal (m ³ /s)	SST (mg/L)	SS (mL/L)	G y A (mg/)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
Punta	0.02	131	0.7	29	1265.4	501.7
Medio	0.027	83.2	0.5	8.3	758.2	261.9

Fuente: Elaboración propia

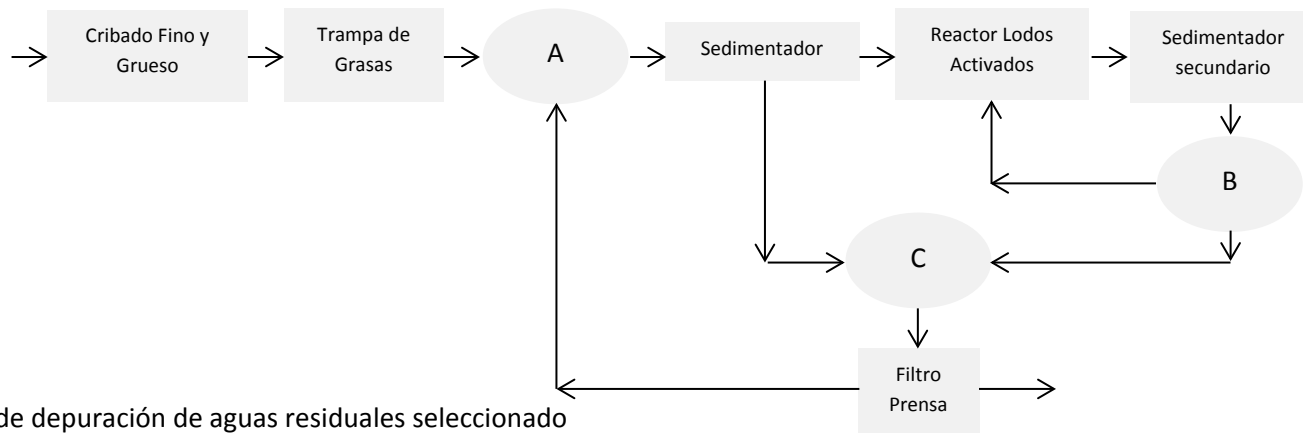


Fig. 1 Tren de depuración de aguas residuales seleccionado



Las composiciones resultantes del balance de materia de la planta de tratamiento indican que la configuración de depuración propuesta genera un efluente cuyas características se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa salvadoreña para la descarga a un cuerpo receptor.

IV. CONCLUSIONES

- La caracterización del afluente a depurar en Calvo Conservas El Salvador arrojó resultados que presentan una gran variabilidad de la carga contaminante del agua residual, lo que indica una dependencia directa de las características fisicoquímicas del afluente y de los procesos llevados a cabo dentro de la planta, por lo que para el diseño de la planta de tratamiento se consideraron las concentraciones promedio, obteniendo una composición de grasas y aceites de 1380.9 mg/L, sólidos suspendidos totales de 2547.3 mg/L, sólidos sedimentables de 41.4 mL/L, una demanda bioquímica de oxígeno de 4866.8 mg/L y una demanda química de oxígeno de 10790.4 mg/L.
- La cuantificación de los flujos de agua residual generados en la planta de Calvo Conservas El Salvador determinó un caudal promedio de 1961.33 m³/d, el cual al proyectarlo de acuerdo a la vida útil establecida para la planta de tratamiento, generó un afluente a depurar de 2752 m³/d. La configuración de planta de tratamiento que mejor se adecúa a los requerimientos de depuración de las aguas residuales generadas en Calvo Conservas El Salvador es aquella cuyo tratamiento primario consiste en sedimentación química, seguido de un tratamiento biológico de sistema de lodos

activados, ya que ella proporciona un efluente cuyas características fisicoquímicas se encuentran por debajo de lo establecido en la legislación salvadoreña, representando además la alternativa con mayor viabilidad tanto en términos económicos como de requerimiento de espacio de acuerdo a la evaluación realizada por el método AHP.

V. REFERENCIAS

- [1] American Public Health Association & American Water Works Association. «Standar methods for the examination of water an wastewater.» 1999.
- [2] (2013) Comisión del CODEX Alimentario. [Online] Aavailable: https://www.google.com.sv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.codexalimentarius.org%2Finput%2Fdownload%2Fstandards%2F110%2FCXS_119s.pdf&ei=yFzSU7iHNoLJsQTsjYCwDw&usg=AFQjCNG4dBtWpSqRke5Ed6OM6k0ry3YrPg&sig2=P_ltlji_
- [3] (2013) Martínez Rodríguez, Elena. «Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME.» Aavailable: http://www.rcumariacristina.com/wp-content/uploads/2010/12/Elena_martinez_red.pdf