

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UN CENTRO DE BENEFICIO O MATADERO DE GANADO

Gilberto Salas C., Cesario Condorhuamán C.

Facultad de Química e Ingeniería Química,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

Los residuos líquidos producidos en un centro de beneficio o matadero son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas, proteínas. La generación de vertidos de aguas residuales tiene una carga orgánica, DBO y de nutrientes media-alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión (rumen), grasas y aceites, así como vertidos líquidos de la operación de escaldado y lavado de carcazas, limpieza de equipos e instalaciones. En el campo del tratamiento de aguas residuales de mataderos, la flotación por aire disuelto (DAF) se usa, entre otros, para la separación de grasas, aceites, y sangre coloidal, en los cuales el DAF ha demostrado ser el sistema de separación de fases más eficiente. Durante todas las experiencias la temperatura del agua varió entre 20 y 22 °C. El punto de muestreo fue el efluente que ingresa al DAF. Las características fueron: pH = 7,2; DBO (mg/L)= 9300 mg/L. DQO = 4 700 mg/L, grasas y aceites F&G = 28 mg/L. La relación aire-sólidos, A/S, en las diferentes experiencias varió entre 0,0014 y 0,0038. La máxima eficiencia de remoción de DBO es para una recirculación de 100%. La flotación con aire disuelto (DAF) permite reducir la carga contaminante contenida en los efluentes generados en el matadero, reduciendo el DBO₅ en 80%, DQO en 75% y grasas y aceites en 95%.

Palabras clave: Tratamiento de aguas residuales, tratamiento de aguas residuales en mataderos, flotación por aire disuelto.

ABSTRACT

The meat processing industry is believed to produce highly polluted wastewater. Analysis of such wastewater indicated that the waste was highly contaminated with organic compounds as indicated by DQO (mg/L), DBO (mg/L), and TSS (mg/L). Moreover, oil and grease concentrations reached mg/L treatment of raw wastewater using Dissolved Air Flotation (DAF) was studied. Efficiency of the DAF for the removal of DBO, DQO, and oil and grease was 80%, 75% y 95%. The overall efficiency of the treatment units provided good quality effluent.

Keywords: Waste water treatment, waste water treatment of meat processing, Dissolved air flotation.

I. INTRODUCCIÓN

El matadero la "Agropecuaria Esmeralda" es polivalente, es decir, dedicado al beneficio de ganado vacuno y porcino. Para la producción de carnes de buena calidad, además de un adecuado sistema de cría del animal, es fundamental un correcto transporte al matadero y una adecuada estancia en él.

Tras el traslado al matadero, los animales permanecen 24 horas en las cuadras previas al sacrificio. Posteriormente, son lavados antes de entrar al aturdimiento. En ella y antes del desangrado, los animales son aturdidos, tanto por necesidades técnicas como para evitar el sufrimiento. Posteriormente, el ganado vacuno es degollado y desangrado

en posición vertical. El ganado porcino (los cerdos) es degollado y desangrado en posición horizontal.

Actualmente, la sangre del degollado, en ambos casos, así como el agua de lavado con restos de sangre son colectadas en un mismo colector de residuos líquidos.

La evisceración se realiza en forma limpia y con precaución. Durante esta operación que se realiza a mano, tiene lugar la inspección sanitaria. Una vez obtenidas las carcazas, se procede a una limpieza de las mismas, con agua clorada, para eliminar contaminación superficial por microorganismos así como restos de sangre. La carne es luego preservada mediante refrigeración.

La higiene es considerada, por su importancia, como una etapa más del proceso productivo con influencia directa sobre la calidad de la carne que se expende.

ETAPAS DEL PROCESO

1.1. Estabulación

Una vez que los animales son transportados al matadero, estos permanecen en los establos, bajo ayuno y dieta hídrica –al menos 24 horas antes de ser sacrificados–. Este es un punto crítico en cuanto a la emisión de olores y es una de las causas de que los mataderos sean considerados como actividades molestas.

Durante la estabulación de los animales se producen cantidades importantes de estiércol y eyecciones (orina) que son factores de impacto relevantes.

1.2. Desangrado

En la línea de sacrificio y antes del desangrado, los animales son lavados y luego aturridos. Se emplea en el caso del ganado vacuno pistolas de punzo penetrante, mientras que para el ganado porcino se emplean descargas eléctricas.

Una vez que es aturrido y colgado el ganado vacuno, se procede al degollado y desangrado de los animales.

1.3. Escaldado

En los mataderos polivalentes, la operación de escaldado-depilado se realiza con el ganado porcino, debido a que la carne de cerdo se comercializa con piel incluida.

Con la operación de escaldado se elimina el pelo que cubre la superficie de los cerdos y para ello se utiliza agua lo suficientemente caliente que asegure su caída. Posteriormente, se realiza un depilado por medio de rodillos que permiten retirar prácticamente la totalidad de las cerdas presentes en la piel de los cerdos. Una vez que los cerdos son depilados por escaldado y rascado, son sometidos a un proceso de chamuscado con un soplete para quemar aquellas cerdas que no han sido eliminadas en el proceso anterior, tanto por su dureza como por su accesibilidad.

En el caso del ganado vacuno, tras el desangrado, se procede a la eliminación de la piel. Esta operación se realiza a mano, o bien por tracción con la ayuda de máquinas automáticas. Las pieles son retiradas de la línea de producción para ser empleadas; posteriormente, como subproducto en la producción de cuero.

1.4. Evisceración

La evisceración es una operación delicada desde el punto de vista de la higiene. Durante esta etapa se liga el esófago y el recto para evitar cualquier contaminación procedente del tracto intestinal.

Simultáneamente a esta operación, se realiza una inspección sanitaria prestando especial interés a los pulmones, el hígado, los ganglios linfáticos, el bazo y el corazón.

Una vez eviscerados los animales, se dividen por medio de sierras obteniéndose las medias carcazas.

1.5. Limpieza de carcazas

Obtenidas las carcazas, se realiza su limpieza con agua clorada, para eliminar la contaminación superficial compuesta principalmente por microorganismos y restos de sangre.

1.6. Refrigeración

Esta operación de preservación de las carcazas se realiza en dos fases. En la primera fase se introducen en cámaras de oreo a una temperatura de entre $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, con el objetivo de reducir rápidamente el calor corporal de las carcazas que en ese momento ronda los $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tras unas dos horas, los canales son almacenados en cámaras a una temperatura de entre 0 y $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (segunda etapa) donde permanecen hasta su posterior traslado a las salas de despiece.

1.7. Despiece y categorización

En estas instalaciones las carcazas y medias carcazas procedentes del matadero son deshuesadas y divididas en partes más pequeñas.

La operación de despiece se realiza en una sala refrigerada para reducir al máximo la contaminación de la carne, que es especialmente delicada en esta fase.

1.8. Refrigeración

El producto final se refrigera como sistema de conservación antes de su despacho o destino final.

1.9. Limpieza e higiene

Tanto la limpieza como la desinfección son consideradas como operaciones de máxima importancia y se incluye como un paso más en el proceso productivo.

II. ANTECEDENTES

Los procesos asociados a las labores realizadas en el matadero de vacunos y porcinos

generan tanto residuos líquidos como sólidos y gaseosos, pudiendo generar serios problemas ambientales.

Los residuos líquidos producidos son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas, proteínas. La generación de vertidos de aguas residuales tiene una carga orgánica y de nutrientes media-alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión (rumen), grasas y aceites así como vertidos líquidos de la operación de escaldado y lavado de canales, limpieza de equipos e instalaciones.

III. MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UN MATADERO

Se presentan descripciones y explicaciones técnicas de medidas de producción más limpia (PML), que se pueden implementar en el proceso de producción de carnes de vacuno y porcino a partir del beneficio de ganado vacuno y porcino.

Se presentan métodos y prácticas sencillas, antes de comprometer recursos en tecnologías sofisticadas

Desangrado

A. Explicación de la medida

- a. Colección de la sangre de vacuno en tanque refrigerado durante el desangrado.
- b. Uso cuchillo “vampiro” para la colección de sangre durante el sangrado y almacenamiento en tanque refrigerado.

B. Beneficios de la medida

Beneficios ambientales:

- Con esta medida se logrará la disminución de las descargas de sangre.
- Reducción de la carga orgánica de sangre en el efluente que alimenta al sistema de tratamiento de vertidos propuesto, como la flotación por aire disuelto (DAF).

Beneficios económicos:

- Obtención de harina de sangre del ganado vacuno como subproducto. Esta puede comercializarse como suplemento alimenticio de animales.
- Obtención de emulsiones y suero de la sangre de porcino como subproducto. Esta puede comercializarse para la fabricación de embutidos e industria farmacéutica, respectivamente.

Estiércol, rumen, pelos y restos de grasa separados por el tamiz previo al tratamiento con aire disuelto, DAF

A. Explicación de la medida

- Eliminación de las descargas con contenido rumial hacia a la caja de colección de sangre, con un nivel de reducción del 100%. Esta corriente deberá ser filtrada antes de su emisión a la caja donde se colecta la corriente con sangre.
- Compostaje aeróbico del fumen (en recipiente cerrado), estiércol, pelos, cortes de césped, así como el material flotado por DAF, utilizando una mezcla multienzimática, que es un complejo biológico, que se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos sólidos y líquidos, con la finalidad de desodorizar, metabolizar y humificar los mismos. El compostaje es un proceso aerobio en el que los microorganismos, en medio oxigenado (aireación por volteo), descompone los residuos orgánicos. El producto final es un compost (mejorador de suelos) que consta de minerales y humus (material orgánico complejo).

B. Benéficos de la medida

Beneficios ambientales

- Disminución de la carga orgánica del efluente que alimenta al sistema de tratamiento de vertidos (DAF) por eliminación de los vertidos de agua con rumen, debiendo por esta medida

mejorar su rendimiento de tratamiento (eficiencia de remoción de DBO_5).

- Saneamiento y desodorización de los residuos sólidos, con lo que se evita malos olores. Para realizar la desodorización y metabolización de los residuos orgánicos, nos limitamos a hacer simples pulverizaciones con soluciones de la mezcla polienzimática. Además, saneando el ambiente, se logra la eliminación de eventuales proliferaciones patógenas y de todos los malos olores causados por sustancias volátiles, que se forman por descomposición de las eyecciones frescas.
- Eliminación en los materiales orgánicos sólidos, de las cargas patógenas y disminución de los valores de la demanda biológica de oxígeno (DBO), de la demanda química de oxígeno (DQO) y de nitrógeno amoniacal

Beneficios económicos

Obtención de un subproducto completamente desodorizado, metabolizado y humificado, que puede ser utilizado y comercializado en agricultura como enmendante orgánico

Aguas residuales del matadero

A. Explicación de la medida

- *Reducción del uso de agua.* El proceso de matanza se caracteriza por el elevado número de operaciones de lavado que deben realizarse, así como parte de las operaciones del mantenimiento de las condiciones de higiene que se exige a una empresa alimenticia en esta área. Los efluentes líquidos constituyen uno de los principales problemas debido al alto contenido de carga orgánica que genera el proceso. El manejo de la sangre propuesto para el desangrado, constituye un aspecto de relevancia para la empresa, debido a que su separación del resto de los efluentes, disminuye la carga orgánica a tratar en los efluentes líquidos. Esta acción así como la optimización del uso del agua a través de mejoras de procedimientos y de algunas condiciones de

infraestructura, como el uso de válvulas de presión en mangueras, disminuirá el consumo de agua y por ende la cantidad de efluente a tratar.

- *Tratamiento del efluente por flotación con aire disuelto (DAF).* En el campo del tratamiento de aguas residuales de mataderos, la flotación por aire disuelto (DAF) se usa entre otros para la separación de grasas, aceites, y sangre coloidal, en los cuales el DAF ha demostrado ser el sistema de separación de fases más eficiente

La flotación es un proceso para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. La separación se lleva a cabo introduciendo un gas (normalmente aire) en la fase líquida, en forma de burbujas. La fase líquida se somete a un proceso de presurización para alcanzar una presión de funcionamiento que oscila entre 2 a 6 atm, en presencia de suficiente aire para conseguir la saturación en aire del agua. Luego este líquido saturado de aire se somete a un proceso de despresurización llevándolo hasta la presión atmosférica por paso a través de una válvula reductora de presión. En esta situación, y debido a la despresurización, se forman pequeñas burbujas de aire que se desprenden de la solución. Los sólidos en suspensión o las partículas líquidas (por ej.: sangre coagulada y floculada, aceites y grasas) flotan, debido a que estas pequeñas

burbujas se adhieren a los mismos y los obligan a elevarse a la superficie. Los sólidos en suspensión concentrados pueden separarse de la superficie por sistemas mecánicos (rastras). El líquido clarificado puede separarse entonces y, parte del mismo puede reciclarse, para lograr mayores eficiencias de separación de contaminantes.

IV. MEDICIONES EXPERIMENTALES

En general estos efluentes tienen altas concentraciones de compuestos orgánicos ($DBO_5 = 9300 \text{ mg / L}$) y nitrógeno. Estos residuos líquidos son producto de corrales (lavado del ganado), área de sangría, remoción de cueros, pelos y otras partes no comestibles, que resultan del procesamiento de la carne, el cual incluye el procesamiento de vísceras, intestinos y operaciones de limpieza. Las aguas de limpieza contienen, además, desinfectantes (agua clorada).

A continuación en la Tabla N.º 1 se muestra los valores medios de consumo de agua y de los parámetros de contaminación de las aguas residuales obtenidos en empresa el sector cárnico (los restos de grasa son separados en tamiz).

Durante todas las experiencias, la temperatura del agua varió entre 20 y 22 °C. El punto de muestro fue el efluente que ingresa al DAF. Las características fueron: pH = 7,2; $DBO_5 \text{ (mg / L)} = 9300 \text{ mg / L}$.

Tabla N.º 1. Valores ilustrativos de las características de las aguas residuales.

	Valor medido con sangre	Valor esperado sin sangre
Consumo de agua m^3 / t	6,5	5
Consumo medio de agua (L / pieza)	nd	500-1000 vacuno
Consumo medio de agua (L / pieza)	nd	250-500 porcino
$DBO_5 \text{ mg O}_2 / \text{L}$	9300	2000
$DQO \text{ mg O}_2 / \text{L}$	nd	4700
NT, mg / L	nd	79
PT, mg / L	nd	29
Grasas y aceites, mg / L		28
Contaminación generada	60,4	12,2
Kg DBO_5 / t	nd	1,9
DQO / DBO_5		

Para el acondicionamiento químico (coagulación y floculación de la sangre y grasas) se ensayaron los siguientes esquemas:

tamaño, la posición relativa de la válvula de aguja; en efecto, un tamaño y distribución ideal se obtuvo solamente cuando esta se

Esquema	Observaciones
50 – 100 mg / L $Al_2(SO_4)_3$ >> pH bajo a 5,6 >> pH reajustado a 9,5 con NaOH + adición de 3 – 5 mg / L de floculante polimérico.	Buena estructura floculada, buen tiempo de sedimentación en prueba de jarras. Aparentemente, se ha formado una buena estructura para flotación.
Adición de HCl >> pH >>3 reajustado a 6,5 con NaOH + 5 mg/l floculante.	El descenso del pH a < 2 desestabiliza el WW muy bien, el reajuste del pH + floculante produce una excelente estructura para flotar.

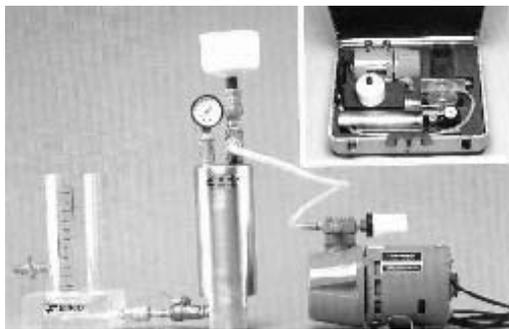


Figura N.º 1. Equipo de flotación de laboratorio (Bench test kit).

La descarga del agua saturada de aire en la celda de flotación dio origen a la formación inmediata de gran cantidad de burbujas pequeñas, produciéndose un aspecto lechoso. Resultó de fundamental importancia, para evitar la formación de burbujas de gran

instaló solidaria a la celda; y esto evita la existencia de zonas de alta sobresaturación, las cuales generan de forma espontánea burbujas de gran tamaño.

La relación aire-sólidos, A / S, en las diferentes experiencias varió entre 0,0014 y 0,0038. La máxima eficiencia de remoción de DBO es para una recirculación de 100%.

Tabla N.º 2. Resultados experimentales.

Razón de recirculación (%)	Remoción % DBO	A / S
50	42	0,0014
70	65	0,0024
100	80	0,0035
110	55	0,0038

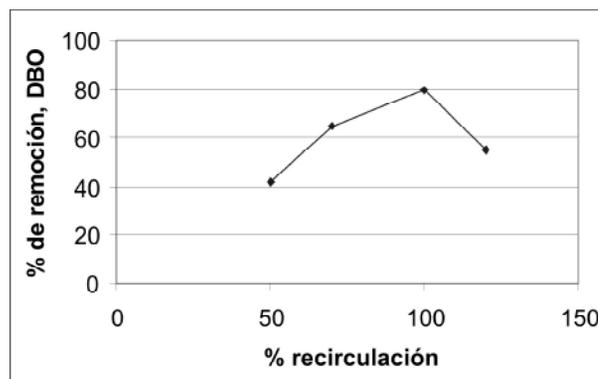


Figura N.º 2. Remoción de DBO como una función de % de recirculación.

V. RESULTADOS

Efluente con sangre que ingresa al DAF:
DBO₅ = 9300 mg / L , DQO = 4 700 mg/L,
F&G = 28 mg/L

Efluente tratado que sale del DAF:
DBO₅ = 1960 mg / L, DQO = 705 mg/L F&G
= 1,4 mg/L

Eficiencia de remoción DBO del DAF:
80%

Eficiencia de remoción DQO del DAF:
75%

Efluente sin sangre que ingresa al DAF:
DBO₅ = 2000 mg / L

Efluente tratado que sale del DAF:
DBO₅ = 200 mg / L

Eficiencia de remoción del DAF: 90%

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las propuestas de medidas de producción más limpia reducirán en el origen, el volumen y la carga contaminante del agua residual a tratar; por consiguiente, el tamaño de la planta de tratamiento y los costos operativos de la misma.

Conviene destacar que una recogida apropiada de la sangre supone una ventaja en todos los sentidos, ya que se trata de un subproducto con valor económico y que en el caso de ser vertido directamente a las aguas residuales provoca contaminación de estas, dificultando el tratamiento.

De igual manera, la separación de los sólidos de rumen generados durante el proceso, me-

joran, considerablemente, las características de las aguas residuales a tratar.

La flotación con aire disuelto (DAF) permite reducir la carga contaminante contenida en los efluentes generados en el matadero, reduciendo el DBO₅ en 90%.

Antes que el agua residual sin sangre y rumen ingresen al flotador, deberá instalarse un filtro para la retención de trozos de grasas.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Price J y Schweigert B. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Edit. Acribia, 1994.
- [2] Ockerman HW; Hansen CL. Industria-lización de subproductos de origen animal. Edit. Acribia, 1994.
- [3] Ingeniería de aguas residuales. Trata-miento, vertido y reutilización. Metcalf and Hedi-McGraw-Hill, 1995.
- [4] Prändl O, Fisher A. Tecnología e higiene de la carne. Edit. Acribia, 1994.
- [5] Soaonez Calvo M. Ecología Industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Madrid, Edic. Mundiprensa, 1997.
- [6] APHA. Standard Methods for the Exami-nation of Water and Wastewater. 13th ed., Am Pub Health Assoc 1971; New York.
- [7] Comisión Nacional de Medio Ambiente - Región Metropolitana. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Industria procesadora de la carne. Santiago de Chile; marzo de 1998.