

Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba



Quantification of sewage effluents from the Camal Frigorífico Riobamba

Danielita Borja.¹, Karina Salazar Llangarí.² & Hannibal Brito Moína.³

Recibido: 20-02-2019 / Revisado: 27-02-2019 / Aceptado: 25-03-2019 / Publicado: 05-04-2019

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.497>

The determination of the effluent flow of the wastewater generated in the pig, cattle and sheep slaughtering processes carried out in the Camal Frigorífico Riobamba, by means of the use of techniques for the collection of samples and laboratory methods for their analysis, techniques of flow measurement in open, closed ducts the quantity and quality of waste water produced is evaluated. The characterization reports indicate that in the wastewater of each process, the parameters Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD5) and surfactants are commonly outside the permissible limit according to the guidelines of the environmental regulations of the Agreement. Ministerial 097A, the determination of discharge flows in turn reports maximum values of 22.95 m³ / h and minimum of 5.17 m³ / h, the relationship between water consumption and animal size are reflected in average values of 0.26 m³ for swine, 0.67 m³ for cattle and 0.17 m³ for sheep. This municipal department manages a large amount of water resources so that the generation of wastewater is attributed to the process's own requirements and the waste caused by the misuse and management of the facilities, as well as the presence of blood, manure and fats affect the quality of them.

Keywords: Wastewater, Quality, Characterization, Effluent, Discharge

Resumen:

La determinación del flujo de efluente de las aguas residuales generadas en los procesos de faenamiento de ganado porcino, bovino y ovino realizado en el Camal Frigorífico

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, dborja@esPOCH.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, gabriela.salazar@esPOCH.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador, hbrito@esPOCH.edu.ec

Riobamba, mediante el empleo de técnicas para la recolección de muestras y métodos de laboratorio para su análisis, técnicas de medición de caudales en conductos abiertos, cerrados se evalúa la cantidad y calidad de agua residual producida. Los reportes de la caracterización indican que en el agua residual de cada proceso, los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y tensoactivos se encuentra comúnmente fuera del límite permisible según los lineamientos de la normativa ambiental del Acuerdo Ministerial 097A, la determinación de caudales de descarga a su vez reporta valores máximos de 22,95 m³/h y mínimos de 5,17 m³/h, la relación entre el consumo de agua y el tamaño del animal se ven reflejados en valores promedios de 0,26 m³ para porcinos, 0,67 m³ bovino y 0,17 m³ ovinos. Este departamento municipal maneja gran cantidad del recurso hídrico por lo que la generación de agua residual se atribuye a los requerimientos propios del proceso y al desperdicio ocasionado por el mal uso y manejo de las instalaciones, además la presencia de sangre, estiércol y grasas afectan la calidad de las mismas.

Palabras claves: Agua residual, Calidad, Caracterización, Efluente, Descarga

Introducción

El proceso productivo de la carne realizado por camales (Brito & et al, Generación de biogas a partir de estiércol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano, 2016) o mataderos frigoríficos, genera una gran cantidad de residuos sólidos (Brito & et al, Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Mayorista del cantón Riobamba, 2016), líquidos y gaseosos, a los cuales, no se les da un tratamiento adecuado (Brito & et al, Generación de biogas a partir de estiércol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano, 2016) por lo que se convierten en una fuente de contaminación que se emana al exterior (Brito & et al, Generación de biogas a partir de estiércol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano, 2016). Como consecuencia de ello, la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (Agrocalidad) y el Ministerio del Ambiente (MAE), exigen que se establezcan prácticas y procesos que protejan los recursos naturales y el ambiente, asegurando una oferta de bienes de consumo limpios para las presentes y futuras generaciones.

El punto de estudio se ve enfocado a determinar la cantidad y calidad de agua residual (Brito & et al, Optimización del sistema de tratamiento de efluentes generados en la lavandería y tintorería de jeans CORPOTEX, 2017) generada en los procesos de faenamiento. En este sentido, se enmarca en la normativa legal ecuatoriana (Brito & et al, Optimización del sistema de tratamiento de efluentes generados en la lavandería y tintorería de jeans CORPOTEX, 2017),

que establece disponer de los servicios básicos como: red de agua potable fría y caliente, en cantidad y calidad adecuada para atender las necesidades de consumo humano y las requeridas por cada cabeza de ganado faenado y la debida disposición final y tratamiento a las aguas servidas originados en los camales (Ley de mataderos N° 502-C, 1966). En el Anexo I: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua en la reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), indica la prohibición de descargas tanto de líquidos como sólidos que pueden afectar a los colectores, formen vapores u olores o deterioren las estructuras del alcantarillado (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015) además, proporciona condiciones de descarga del agua residual en su Tabla 8 Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público.

Se han seleccionado determinados parámetros para el análisis físico químico (INEN, NTE INEN 2176:1998, 1998), dada su relevancia en este tipo de aguas residuales (Bustamante O. , 2006), las grasas y aceites presentes aguas residuales de procesamiento de alimentos se eliminan por procesos primarios y secundarios de tratamientos de agua (Ramalho, 2003), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) según la fuente (Arias & Terneus, 2012) constituye la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica (Andrade & et al, 2010), se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en el agua residual (Grupo Imbrium., 2008), la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios (Ramalho, 2003), los fenoles constituyen materia orgánica que tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento (Valencia J. , 2011), el potencial de Hidrógeno nos indica la condición del agua básica, ácida o neutra, (Andrade & et al, 2010) considera a los sólidos sedimentables como a aquellos sólidos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en un tiempo de 60 minutos, a los sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a una temperatura hasta que evapore y a los sólidos suspendidos como la fracción que puede ser separados por filtración (Brito, Texto Básico de Operaciones Unitarias I, 2000), los sulfatos presentes en el agua producen lo que se conoce como cáncer del cemento y destruye irremisiblemente el hormigón, el control de los metales puede ser necesario si se pretende reutilizar al agua residual por lo que se considera la detección de hierro, cadmio y arsénico.

Metodología

Caracterización del agua

Para la toma de muestras de agua residual se procedió mediante la norma NTE INEN 2176:1998 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO en la descarga final de cada proceso, la cantidad fue de 3 litros, de los cuales, dos litros se dispusieron en

envases de plástico, de color blanco, de facilidad para abrir y cerrar, tamaño y forma adecuada, el litro restante se dispuso en un frasco de vidrio ámbar. Los recipientes permiten reducir cualquier tipo de contaminación, evitar pérdidas, inercia química y biológica, además, la muestra fue transportada en refrigeración.

El análisis de laboratorio para la caracterización físico- química se realizó en laboratorio “CESTTA” certificado por la Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) quienes manejan métodos estándares dispuestos por la normativa correspondiente. Los parámetros determinados son: aceite y grasas, DBO, DQO, fenoles, pH, sólidos sedimentables, sólidos totales, solidos suspendidos, sulfatos, tensoactivos, cadmio, arsénico y hierro.

Determinación de caudales

Para la determinación de caudales de descarga en el área de faenamiento de porcinos y bovinos se aplica la técnica NTE INEN ISO 8316, 2014: Medida del caudal de líquidos en conductos cerrados. Método por recogida de líquido en un tanque volumétrico. Se obtiene el caudal de líquido en conductos cerrados determinando el volumen de líquido recogido en un tanque volumétrico en un intervalo de tiempo conocido.

Según (NTE ISO 8316, 214) el método puede aplicarse a cualquier líquido con tal que:

Su presión de vapor sea suficientemente baja para asegurar que cualquier escape de líquido del tanque volumétrico por evaporación no afecte la precisión de medida requerida;

Su viscosidad sea suficientemente baja como para no alterar o retardar indebidamente la medida del nivel en el tanque volumétrico;

No sea tóxico ni corrosivo.

Su ecuación viene dada por:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

Q = caudal en m³/h

V = volumen en m³

t = tiempo en horas (h)

En el área de ovinos la determinación de caudales se realizó siguiendo la técnica NTE INEN-ISO 748, 2014: Hidrometría. Medida de caudal de líquidos en canales abiertos utilizando

medidores de caudal o flotadores la misma que indica que a partir de la velocidad y el área de la sección transversal de agua se calculan caudales. El principio propuesto por (NTE INEN 748, 2014) consiste en determinar la velocidad y el área de la sección transversal. El emplazamiento de medida se elige de acuerdo con los requisitos especificados, la anchura, dependiendo de su magnitud, se mide o por medio de una cinta, y la profundidad se mide en un número de puntos, conocido como vertical, a través de la anchura, suficiente para determinar la forma y área de la sección transversal.

Las observaciones de la velocidad utilizando medidores de caudal se realizan en cada vertical preferiblemente al mismo tiempo. La ecuación que rige este principio viene dada por:

$$Q = A * v \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/h)

A = Área (m²)

v = Velocidad (m/h)

Resultados

Tabla 1 Resultados analíticos del área de porcinos

No.	Parámetros	Unidades	Límite permisible	Valor
1	Grasas y aceites	mg/L	70,0	8,3
2	DQO	mg/L	500,0	7840
3	DBO ₅	mg/L	250,0	4000
4	Fenoles	mg/L	0,2	< 0,02
5	pH	(H+)	6-9	6,94
6	Solidos sedimentables	mg/L	20,0	18
7	Solidos totales	mg/L	1600,0	5852
8	Solidos suspendidos	mg/L	220,0	222
9	Sulfatos	mg/L	400,0	< 8
10	Tensoactivos	mg/L	2,0	2,05
11	Cadmio	mg/L	0,02	< 0,004
12	Arsénico	mg/L	0,1	< 0,01
13	Hierro	mg/L	25,0	9,88

Los resultados de los análisis de agua residual del proceso de faenamiento de porcinos, al ser comparados con la normativa vigente demuestra que los parámetros de: DQO, DBO₅, sólidos totales, sólidos suspendidos y tensoactivos se encuentran fuera de rango por encima del límite máximo permisible.

Tabla 2 Resultados analíticos del área de bovinos

No.	Parámetros	Unidades	Límite permisible	Valor
1	Grasas y aceites	mg/L	70,0	10,6
2	DQO	mg/L	500,0	9280
3	DBO ₅	mg/L	250,0	4500
4	Fenoles	mg/L	0,2	< 0,02
5	pH	(H+)	6-9	6,99
6	Solidos sedimentables	mg/L	20,0	150
7	Solidos totales	mg/L	1600,0	> 20000
8	Solidos suspendidos	mg/L	220,0	886
9	Sulfatos	mg/L	400,0	< 8
10	Tensoactivos	mg/L	2,0	2,40
11	Cadmio	mg/L	0,02	< 0,004
12	Arsénico	mg/L	0,1	< 0,01
13	Hierro	mg/L	25,0	> 30

Los parámetros: DQO, DBO₅, sólidos sedimentables, sólidos totales, sólidos suspendidos, tensoactivos y hierro se encuentran fuera de rango, por encima del límite máximo permisible. Esta área es la que presenta mayores valores fuera de rango debido a la abundante cantidad de sangre, estiércol y otros materiales.

Tabla 3 Resultados analíticos del área de ovinos

No.	Parámetros	Unidades	Límite permisible	Valor
1	Grasas y aceites	mg/L	70,0	3,4
2	DQO	mg/L	500,0	872
3	DBO ₅	mg/L	250,0	450
4	Fenoles	mg/L	0,2	< 0,02
5	pH	(H+)	6-9	7,30
6	Solidos sedimentables	mg/L	20,0	1,5
7	Solidos totales	mg/L	1600,0	944
8	Solidos suspendidos	mg/L	220,0	90

9	Sulfatos	mg/L	400,0	12
10	Tensoactivos	mg/L	2,0	2,75
11	Cadmio	mg/L	0,02	< 0,004
12	Arsénico	mg/L	0,1	< 0,01
13	Hierro	mg/L	25,0	1,70

Los parámetros: DQO, DBO₅ y tensoactivos se encuentran fuera de rango por encima del límite máximo permisible. Esta zona es la que presenta menos valores fuera del rango.

Tabla 4 Caudal medio semanal del Camal Frigorífico

No.	Horario	Ganado	Caudal (m ³ /h)
	04:00		11,53
	05:00		09,61
1	06:00	Porcinos	10,32
	07:00		10,40
	08:00		11,76
	09:00		22,26
	10:00		14,23
2	11:00	Bovinos	17,40
	12:00		17,14
	13:00		22,95
	14:00		05,53
	15:00		05,66
3	16:00		05,40
	17:00	Ovinos	05,17
	18:00		06,10
	19:00		07,24

Tabla 5 Cantidad de animales faenados

No.	Horario	Ganado	Cantidad
	04:00		29
	05:00		37
1	06:00	Porcinos	58
	07:00		63
	08:00		39
	09:00		29
	10:00		25

2	11:00	Bovinos	28
	12:00		27
	13:00		30
	14:00		33
	15,00		38
3	16,00	Ovinos	48
	17,00		59
	18,00		30
	19,00		25

Tabla 6 Consumo de agua por animal

No.	Horario	Ganado	Consumo de agua por animal (m ³)
1	4:00	Porcinos	0,40
	5:00		0,26
	6:00		0,18
	7:00		0,17
	8:00		0,30
2	9:00	Bovinos	0,77
	10:00		0,57
	11:00		0,62
	12:00		0,63
	13:00		0,77
3	14:00	Ovinos	0,17
	15:00		0,15
	16:00		0,11
	17:00		0,09
	18:00		0,20
	19:00		0,29

Tabla 7 Consumo de agua por cabeza de ganado

No.	Tipo de Ganado	Consumo de agua por cabeza de ganado (m ³)	
		Determinación experimental	Según (Grupo Imbrium, 2006)
1	Porcino	0,26	0,45

2	Bovino	0,67	1
3	Ovino	0,17	0,10

Discusión

El proceso de matanza se caracteriza por el abundante consumo de agua, debido a, el elevado número de operaciones de lavado y el mantenimiento de las condiciones de higiene. La caracterización físico química permitió contar con un diagnóstico del estado situacional de la calidad de las aguas residuales, afirmando que, estos efluentes líquidos constituyen uno de los principales problemas debido al alto contenido de carga orgánica que genera el proceso de faenamiento como sangre, estiércol, grasa. Los resultados de la caracterización físico químico indican que no se está cumpliendo con los límites dispuestos por la normativa ambiental y son vertidas directamente al sistema de alcantarillado público.

Los caudales obtenidos indican que el consumo de agua está directamente relacionado con el tamaño del ganado faenado, por lo que, se evidencian variaciones de caudales en los horarios establecidos. Los valores determinados experimentalmente del consumo de agua por cabeza de ganado al ser comparados con la fuente bibliográfica indican que el ganado porcino y bovino consume menor cantidad de agua, se encuentran en rango moderado, mientras que el área de ovino consume mayor cantidad al valor establecido.

Conclusiones

- La DQO, DBO₅ y tensoactivos se encuentran fuera de los parámetros de norma.
- La mayor generación de caudal es de 09:00 hasta las 13:00.
- El valor máximo de caudal es de 22,95 (m³/h) y el más bajo de 5,17 (m³/h).
- La velocidad de salida es de 0,69 m/s.
- El promedio de consumo de agua por cabeza de: ganado es 0,26 m³, porcino 0,67 m³ y bovino de 0,17 m³.

Agradecimiento

- Un agradecimiento especial al GAD Municipal de Riobamba y en especial a la Ing. Rosario Jara por las facilidades para la realización de esta investigación.

Referencias Bibliograficas

- Abadía, R., & et al. (2010). *Automatización y Telecontrol de Sistemas de Riego*. Murcia: Marcombo Ediciones Técnicas.
- Amerling, C., & et al. (2007). *Tecnología de la Carne*. Madrid.
- Andrade, R., & et al. (2010). *Depuración de Aguas Residuales por medio de Humedales Artificiales*. Cochabamba.
- Arias, V., & Terneus, E. (2012). *Los Caudales Ecológicos en el Ecuador, Análisis Institucional*

- y *Legal*. Quito.
- Betancourt, R. (2003). *Transferencia Molecular de Calor, Masa y/o Cantidad de Movimiento*. Manizales.
- Brito, H. (2000). *Texto Básico de Operaciones Unitarias I*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Docucentro ESPOCH.
- Brito, H., & et al. (2016). Generación de biogas a partir de estiercol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano. doi:10.13140/RG.2.2.25157.04327
- Brito, H., & et al. (2016). Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Mayorista del cantón Riobamba. doi:10.19044/esj.2016.v12n29p76
- Brito, H., & et al. (2017). Cierre Técnico de botaderos de basura.
- Brito, H., & et al. (2017). Optimización del sistema de tratamiento de efluentes generados en la lavandería y tintorería de jeans CORPOTEX.
- Brito, H., & Flores, C. (2018). Design of a piping system to measure constant accessories. doi:10.1063/1.5050357
- Bustamante, O. (2006). *Manual Básico para Medir Caudales*. Ecuador. Quito.
- Bustamante, R. (2006). *Manual Básico para Medir Caudales*. Ecuador: Fonac.
- Cadavid, J. (2008). *Cadavid, J. Hidráulica de Canales*. Medellín.
- Castillo, R., & et al. (2005). *Castillo, R; et al. Biotecnología Ambiental*. Madrid.
- Castro, M., & Vinueza, M. (s.f.). *Castro, M; & Vinueza, M. Manual para el Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos Generados por el Camal Municipal de Riobamba*. Riobamba.
- CERVERA, S, S., & et al. . (1991). *CERVERA, S; et al. Curso de Ingeniería Química, Introducción a los Procesos, las Operaciones Unitarias y los Fenómenos de Transporte*. Barcelona.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. México: Mc Graw Hill.
- Corcho, F., & Duque, J. (2005). *Acueductos, Teoría y Diseño*. Medellín-Colombia: Sello Editorial.
- COULSON, J; & RICHARDSON J., J., & RICHARDSON, J. (1981). *Ingeniería Química, Operaciones Básicas*. Barcelona.
- Degrémont, A. (1995). *Manual Técnico del Agua*. Francia: Suresnes.
- Duque, J., & Romero, F. (2005). *Acueductos, teoría y diseño*. Medellín.
- EMRAQ-EP. (s.f.). *Empresa Pública Metropolitana de Rastros*. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php/servicios/faenamamiento/faenamamiento>
- García, L. (2009). *Teoría de la Medición de Canales y Volúmenes de Agua e Instrumental Necesario Disponible*. Madrid.
- Giles. (1986). *Mecánica de Fluidos e Hidráulica*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Grupo Imbrium. (2008). *El Consumo del Recurso Agua en Rastros y una Solución para su*

Optimización.

- Gusqui, L. (2010). *Propuesta de un Plan de Gestión Ambiental para la Fábrica de Harina de Sangre del Camal Frigorífico Municipal de Riobamba*. Riobamba.
- Hansen, & Israelsen. (1985). *Principios y Aplicaciones de Riego*. Madrid: Reverté.
- Hernández, J., & et al. (2012). *Técnicas de Medición de Caudales, Métodos de Aforo*. Madrid. Iberoamericana, U. (12 de Marzo de 2008). *Laboratorio de Operaciones Unitarias*. Obtenido de http://fjartnmusic.com/Personal/6o_Semestre_files/Re.pdf
- INEN. (1998). NTE INEN 2176:1998. *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*. Quito, Ecuador.
- INEN. (2014). NTE INEN ISO 8316. *Medida del Caudal de un Líquido en Conductos Cerrados. Método por recogida de un líquido en un tanque volumétrico*. Quito, Ecuador.
- INEN. (2014). NTE INEN-ISO 748. *Hidrometría. Medida del Caudal de Líquidos en Conductos Abiertos Utilizando Medidores de Caudal o Foltadores*. Quito, Ecuador.
- INEN. (2014). NTE INEN-ISO 8316. *Medida del Caudal de Líquidos en Conductos Cerrados. Método por recogida de líquido en un tanque volumétrico*. Quito, Ecuador.
- INEN. (s.f.). *NTE INEN 2176. Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*.
- Khoury, E. (2004). *Apuntes de Hidráulica para Explotaciones Forestales*. Oviedo.
- Marques, R., & et al. (2003). *El Agua en el Medio Ambiente, Muestreo y Análisis*. San Rafael, México.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). *Acuerdo Ministerial 097A. Anexo I: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua*. Quito.
- Quisnancela, L. (2013). *Diseño de Sistemas para la Derivación de Caudales Concesionados y Construcción de Aforadores en la Microcuenca Del Río Guano*. Riobamba.
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona.
- Rivera, B., & et al. (2012). *Desarrollo Metodológico para la Caracterización de Caudales y Niveles de Sedimentación*. Manizales.
- Romero. (1999). *Potabilización del agua*. México: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Valencia, J. (2011). *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de Bovinos en el Camal Frigorífico Riobamba*. Riobamba: ESPOCH.
- Valencia, J. (2012). *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de Bovinos en el Camal Frigorífico Municipal De Riobamba*. Riobamba.
- Valverde, J. (2007). *Riego y Drenaje*. San José.
- Villón. (1994). *Hidráulica de canales*. Lima: UNSA.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Borja D., Salazar K. & Brito H., Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba, *Revista electrónica Ciencia Digital* 3(2), 783-794. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/497/1205>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

