



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

REVISTA

Ciencia



ISSN 1390-1117 • ISSN E: 2697-343X



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

VOLUMEN 22, No. 3
Abril-Junio 2020

TCRN. Humberto Aníbal Parra Cárdenas, Ph.D.
RECTOR

TCRN. Víctor Emilio Villavicencio Álvarez, Ph.D.
VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

TCRN. IGEO. Patricio Xavier Molina Simbaña, Ph. D.
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Editor General

Ing. Jéssica Duchicela, PhD
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Editor de Sección

Ana Gabriela Haro Báez, Ph.D.

Dr. Roberto Aguiar
Sección Ciencias de la Construcción y materiales

Walter Fuertes, PhD
Sección Ciencias Tecnológicas

CONTACTO

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
ciencia@espe.edu.ec
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/index>
Tel: (593) 2 3989400 Ext. 2521
Av. General Rumiñahui S/N y Paseo Escénico
Santa Clara. Sangolquí - Ecuador

“Los artículos publicados expresan el criterio personal de sus autores y no representan la opinión de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, pueden ser reproducidos citando la fuente”.

© Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sangolquí, Ecuador.
CIENCIA - QUITO, Volumen 22, No. 3, Abril-Junio 2020
ISSN: 1390-1117, ISSN ELECTRÓNICO: 2697-343X
Revista Trimestral- 50 ejemplares

Diagramación IMPREVEL Artes Gráficas
Impresión Imprenta Universitaria ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
Distribución gratuita

Comité Científico-Revisor

Emilio Basantes M., Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Fernando Armas, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Gabriel Larrea, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Verónica Marcillo, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D, Universidad Nacional de Loja
Ilena Herrera, Universidad Espíritu Santo.
Alex Albuja, Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Guillermo Ponce, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Lenin Abatta, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Pablo Caiza, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Marco Masabanda, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Washington Sandoval, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Ricardo Durán, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Martha Pazmiño, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Byron Morales, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Hugo Bonifaz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Paulina Guevara, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Oliva Atiaga, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Francisco Flores, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Pablo Llumiquinga, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP

TABLA DE CONTENIDOS

VOL 22, No. 3

Artículos

Modelo de un sistema de tratamiento para aguas residuales de granja de porcinos 4
Ernesto P. Feijoo C., Hugo Apaza-Aquino, Max Eduardo Moscoso Zevallos, Edgar Daniel Carrillo Montegudo

Normas de Publicación 14



Modelo de un sistema de tratamiento para aguas residuales de granja de porcinos

Model of a pig farm wastewater treatment system

Hugo Apaza-Aquino ⁽¹⁾
Max Eduardo Moscoso Zevallos ⁽¹⁾
Edgar Daniel Carrillo Monteagudo ⁽¹⁾

⁽¹⁾Asociación de Investigación Científica BLOSS
Juliaca-Perú
hapaza89@gmail.com
mmz_20_88@hotmail.com
daniel_4ad@hotmail.com

Recibido: Abril, 2020
Aceptado: Agosto, 2020

Doi: <https://doi.org/10.24133/ciencia.v22i3.1670>

"THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE TERMS OF THE CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION LICENSE, WHICH PERMITS USE, DISTRIBUTION AND REPRODUCTION IN ANY MEDIUM, PROVIDED THE ORIGINAL WORK IS PROPERLY CITED."

RESUMEN

Las aguas residuales de la granja porcina generan alto grado de contaminación con carga orgánica y microbiológica. Se estudió la eficiencia de un sistema de tratamiento a escala para la remoción de la carga orgánica de las aguas residuales de la granja porcina. Se realizó la caracterización fisicoquímica en función a los parámetros de DBO₅, DQO, turbidez, pH, conductividad y nitrógeno total, de la muestra; luego se diseñó, construyó y evaluó un sistema que comprende 4 etapas principales siendo estas: sedimentación, filtración, aireación y electrocoagulación; los ensayos de electrocoagulación se realizaron en un sistema de régimen batch, empleando electrodos de aluminio y hierro, configurado en un sistema monopolar paralelo. Se logró una máxima reducción de turbiedad en 99.34 %, con un valor de pH final de 8.51, el cual encaja dentro de los valores máximos admisibles según la legislación Peruana. Actualmente existen diversas tecnologías para tratar aguas residuales con alta carga orgánica, pero el presente sistema representa una alternativa para la reducción de carga orgánica de aguas residuales que se generan en una granja de porcinos.

Palabras claves: Carga orgánica, efluente, electrocoagulación, filtración, turbidez.

ABSTRACT

The wastewater from the pig farm generates a high degree of contamination with organic and microbiological load. The efficiency of a scale treatment system for the removal of the organic load from the wastewater of the pig farm was studied. The physicochemical characterization was carried out according to the parameters of BOD₅, COD, turbidity, pH, conductivity and total nitrogen, of the sample; then a system was designed, built and evaluated that comprises 4 main stages, these being: sedimentation, filtration, aeration and

electrocoagulation; the electrocoagulation tests were carried out in a batch regime system, using aluminum and iron electrodes, configured in a parallel monopolar system. A maximum turbidity reduction of 99.34% was achieved, with a final pH value of 8.51, which falls within the maximum admissible values according to Peruvian legislation. Currently there are various technologies to treat wastewater with a high organic load, but this system represents an alternative for reducing the organic load of wastewater generated in a pig farm.

Key words: Organic charge, effluent, electrocoagulation, filtration, turbidity.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente población demanda mayor cantidad de alimentos, la industria porcina no fue ajeno a este crecimiento, diversas empresas han intensificado la producción de carne de porcino y sumado a la falta o ineficiencia en el tratamiento de los desechos que se generan durante el proceso (Trejo et al., 2014), ha conllevado a que se contamine los recursos naturales (Drucker, Escalante, Gómez & Magaña, 2003) afectando en distintos niveles tróficos.

Las aguas residuales de una granja de porcinos, contienen gran cantidad de sólidos (Méndez, Mena, Castillo & Sauri, 2013), la cual está compuesto principalmente por orina, heces, agua y desperdicios (Redding, 2001). Estas aguas residuales tienen nutrientes (Soria et al., 2001) como nitrógeno y fósforo que se encuentran en altas concentraciones (Cervantes, Saldivar-Cabrales & Francisco, 2007), también tienen una alta concentración de microorganismos y parásitos causando enfermedades en el ser humano; la variación en la concentración de contaminantes está sujeto al nivel productivo (maternidad, destete, engorda, mezcla, ciclo completo) (Garzón-Zúñiga & Buelna, 2014) nursery, accretion, and mixed effluents. Pero con previo tratamiento, estas aguas residuales se pueden utilizar en la agroindustria para fertilizar cultivos (Pérez-Gutiérrez et al., 2015) T2 (75% ELC and 25% water. Sin embargo si no se le da tratamiento alguno y es dispuesto libremente ocasionan perjuicios al ambiente contaminando agua, aire, suelo (Méndez et al., 2009), inclusive la infiltración de aguas residuales de las lagunas agrícolas pueden tener influencia en la calidad de agua subterráneas poco profunda (Fridrich et al., 2014) y las emisiones gaseosas como el amoníaco y gases de efecto invernadero del almacenamiento de estiércol de porcino digerido tienen implicaciones ambientales negativas (Kim, Park, & Seo, 2018) the sources and likely transmission routes of this bacterium are poorly understood. We studied the significance of the presence of *S. maltophilia* in final effluents and receiving rivers of pig farm wastewater treatment plants (WWTPs).

Es necesario mantener la sostenibilidad de los recursos (Alonso-Estrada, Lorenzo-Acosta, Díaz-Capdesuñer, Sosa-Cáceres, & Angulo-Zamora, 2014). Actualmente se desarrollaron diversas tecnologías que reducen drásticamente la carga orgánica; entre ellas tenemos: tratamientos biológicos, filtración, ósmosis inversa, fitorremediación, electrocoagulación, precipitación química, entre otras. Los sistemas biológicos tienen una buena eficiencia, emplear microorganismos nativos del efluente porcino, tienen propiedades de eficiente nitrificación heterotrófica y capacidad de desnitrificación (Chen, He, Wu, & Du, 2019); aplicar reactores reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB), representa una buena alternativa para reducir los niveles de DQO (Pacco et al., 2018), incluso empleando lagunas tapadas para reducir la carga orgánica (Blanco et al., 2015); los sistemas de tratamiento anaeróbicos como por ejemplo los biodigestores (Alonso-Estrada et al., 2014) no solo se genera biogás y un bajo porcentaje de producción de lodos, si no que pueden remover hasta el 90% de la materia orgánica; el problema son los tiempos de retención que son muy largos (Escalante-Estrada & Garzón-Zúñiga, 2010) conducting an analysis of area requirements. We present the characterization of wastewater from three different swine farms (technified, low sophisticated and backyard. Por su parte la fitorremediación con humedales artificiales también representa una alternativa interesante para la depuración de aguas residuales (Arias, Betancur, Gómez, Salazar, & Hernández, 2010). Incluso tecnologías de bajo costo como son las lagunas de estabilización y los procesos anaerobios

(Escalante-Estrada & Garzón-Zuñiga, 2010) conducting an analysis of area requirements. We present the characterization of wastewater from three different swine farms (technified, low sophisticated and backyard. Otras tecnologías como la ultrafiltración se pueden emplear como sistema terciario. Todas estas tecnologías presentan sus ventajas y desventajas ya sea en costo, infraestructura, tiempo, entre otros; todas apuntan a la reducción de nitrógeno, sólidos suspendidos, la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

Como una alternativa que cada vez toma mayor impulso por su eficiencia es la electrocoagulación, esta tecnología ha sido acogido para diversos sistemas de tratamiento de agua, ya sea para el tratamiento de aguas residuales (Mollah, Schennach, Parga, & Cocke, 2001), eliminación de diversos contaminantes (Vepsäläinen & Sillanpää, 2020) metal cations are produced on the electrodes via electrolysis and these cations form various hydroxides in the water depending on the water pH. In addition to this main reaction, several side reactions, such as hydrogen bubble formation and the reduction of metals on cathodes, also take place in the cell. In this research, the applications of electrocoagulation were investigated in raw water treatment and wastewater applications. The surface water used in this research contained high concentrations of natural organic matter (NOM tales como metales, alta carga orgánica (Apaza, 2019), microorganismos patógenos entre otros; incluso se emplea en la potabilización de agua; además es de fácil operación y de bajo mantenimiento (Barrera-Díaz et al., 2018).

Dado que los efluentes de una granja de porcinos genera alta contaminación, es necesario realizar algún tratamiento a estas, antes de su disposición final. El presente estudio tiene por objetivo principal, determinar la eficiencia de un modelo de **sistema escala** para el tratamiento de las aguas residuales de la granja de porcinos.

2. METODOLOGÍA

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

Se obtuvo muestra de la poza de sedimentación de efluentes de una granja de porcinos, ubicada en Arequipa - Perú, se realizó la caracterización fisicoquímica de las muestras determinándose los parámetros de DBO_5 , (método prueba de DBO de 5 días), DQO (método colorimétrico, reflujó cerrado), nitrógeno amoniacal (método de nitrógeno total Kjeldahl), pH (método electrométrico), turbidez (método nefelométrico) y conductividad (método de laboratorio).

2.2. MODELO DE SISTEMA

Se diseñó un sistema a escala (Figura 1) el cual consta de 4 etapas principales con la finalidad de que cada etapa remueva distinta carga contaminante. La primera etapa consiste en una sedimentación el cual se construyó con una capacidad de 25 litros aproximadamente con una malla metálica en la parte superior de esta para la retención de sólidos de mayor tamaño tales como pelos y partículas grandes. La segunda etapa es una filtración, para lo cual se acondiciono 3 columnas de plástico de 20 cm de diámetro y altura de 75 cm, estas fueron empacadas con piedra pómez y grava de distintos tamaños, con la finalidad de retener partículas menores y reducir la carga contaminante. La tercera etapa fue la aireación mediante el acondicionamiento de bombas de aire y tubos difusores, se aireo por un periodo de 10 minutos. La cuarta etapa fue la electrocoagulación para lo cual se construyó un reactor a escala laboratorio para un régimen batch con capacidad de 8 litros, se utilizó una bandeja de plástico de forma rectangular, dentro de la celda se acondicionaron 16 electrodos por medio de perno y tuercas; los electrodos empleados fueron placas rectangulares metálicas de hierro y aluminio dispuestas en paralelo, el reactor de electrocoagulación se operó a 20 amperios y 20 voltios por un periodo de 15 minutos; se realizó esta etapa con el objetivo de remover toda la carga orgánica que aún queda en la muestra y también para la remoción de compuestos químicos. La muestra que se empleó en los ensayos fue la que se recolecto directamente de la poza de sedimentación, las cuales se tomaron en baldes de plástico de 20 litros.



Figura 1. Modelo de sistema escala para el tratamiento de aguas residuales de granja de porcinos.

Durante todo el proceso se realizó la toma de muestras en 5 puntos fijos tal como se muestra en la Figura 1, siendo M1: muestra inicial, M2: después de sedimentación; M3: después de la filtración; M4: después de la aireación; M5: después de la electrocoagulación; monitoreándose parámetros de turbidez, conductividad y pH.

3. RESULTADOS

Las aguas residuales que generan las granjas de porcinos se caracterizan porque tienen una alta carga orgánica, por su alta concentración en microorganismos y patógenos. Por las condiciones climatológicas de la ciudad de Arequipa, que en gran parte del año hace calor, se genera una cinética de biodegradación a un paso acelerado, lo que genera una contaminación con los gases que se generan productos de esta descomposición. La muestra por lo general es de color amarillenta, de olor fétido, en la Tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la muestra del efluente de una granja pequeña de porcinos. Tal como se puede apreciar en la Figura 2 la muestra presentaba gran cantidad de moscas inclusive larvas de parásitos. Durante el proceso de sedimentación y filtración se observó la retención de alta cantidad de sólidos de diferentes tipos de partículas, principalmente moscas.



Figura 2. Muestra de agua residual de la granja de porcinos.

Tabla 1.

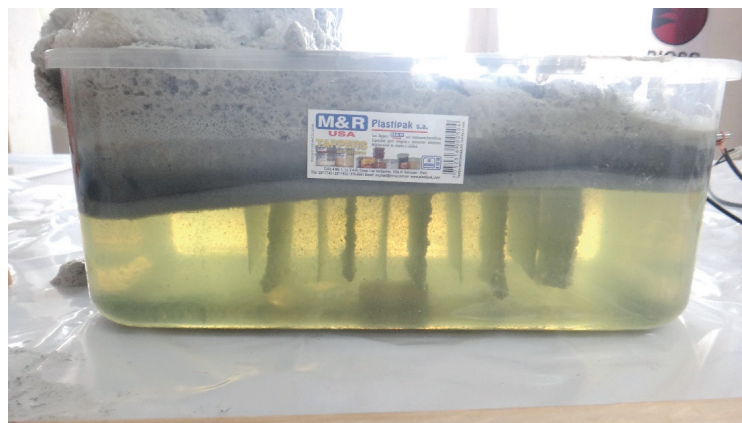
Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra del agua residual de la granja de porcinos.

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura	°C	23.8
Conductividad	mS/cm	9.4
DQO	mg/L	4976
DBO ₅	mg/L	2350
Nitrógeno total	mg/L	896
pH	valor	8.4
Turbidez	NTU	12040

La legislación Peruana establece los valores máximos admisibles para la descarga efluentes de actividades no domesticas al sistema del alcantarillado un valor de 1000 mg/L para la demanda química de oxígeno y 500 mg/L para la demanda bioquímica de oxígeno (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009); el valor hallado sobrepasa estos valores, por lo que no se puede desecharlo al sistema de alcantarillado; como muchas empresas lo hacen.

En la etapa de filtración el sistema se acondicionó con piedra pómez porque es un material de alta porosidad; en ella se puede desarrollar abundante biofilm que cuando se establezcan ayudaría en la remoción de carga contaminante; diversos sistemas de tratamiento para aguas residuales se basan en la biodegradación, teniendo alta carga orgánica en las aguas residuales de la granja de porcinos, este filtro resulta adecuado para la reducción de la carga orgánica.

Gran parte de la materia orgánica se logró reducir en la etapa de la electrocoagulación, como se puede apreciar en la Figura 3, se logra separar la materia orgánica en forma de lodos y en la parte inferior el agua parcialmente purificada. En los sistemas de electrocoagulación muy importante es la configuración y la intensidad de corriente que se aplica; en el sistema construido se trabajó con una configuración monopolar en paralelo con electrodos de aluminio y hierro; se empleó los electrodos de aluminio porque es eficiente en la remoción de la turbidez y el color.


Figura 3. Sistema de electrocoagulación aplicado a las aguas residuales de la granja de porcinos.

En la Tabla 2 se muestran los resultados tras haber realizado el tratamiento de las aguas residuales de la granja de porcinos; el parámetro de importancia en este estudio es la turbidez. En la etapa de sedimentación se logra una clara disminución de la turbidez, luego aumenta ligeramente en la etapa de filtración esto podría deberse al desprendimiento de biomasa que se desarrolló en la piedra pómez; luego en la etapa de electrocoagulación se logra la mayor reducción de la turbidez en 99.34% y con un valor de pH final de 8.51, este aumento en el valor del pH es debido a que se generó iones aluminio en la etapa de la electrocoagulación que hizo que se incrementara

su valor; el valor de pH encaja dentro de los valores máximos admisibles por la legislación Peruana que es de 6-9. Esta eficiencia de remoción de contaminantes se atribuiría a que estas muestras tienen en su composición mayoritaria carga orgánica y la electrocoagulación empleando electrodos de aluminio y hierro resulta adecuado para la remoción de dicha carga orgánica.

Cuando se realiza la electrocoagulación usualmente y dependiendo de la densidad de corriente aplicada durante el proceso, aumenta la temperatura en el presente estudio no se evidencia aumento de temperatura tras el proceso de la electrocoagulación, se obtiene un valor final de 23.6°C el cual está enmarcado dentro de los valores máximos admisibles para la descarga que es menor a 35°C.

Tabla 2.

Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras después de aplicar el sistema de tratamiento.

Muestra	pH Valor	Turbidez NTU	Conductividad mS/cm	Temperatura °C
M1	8.45	12025	9.33	23.7
M2	8.6	853	8.62	23.6
M3	8.63	1010	8.35	23.3
M4	8.56	838	8.34	23.8
M5	8.51	79	7.13	23.6

Nota. M1: muestra inicial, M2: después de sedimentación; M3: después de la filtración; M4: después de la aireación; M5: después de la electrocoagulación.

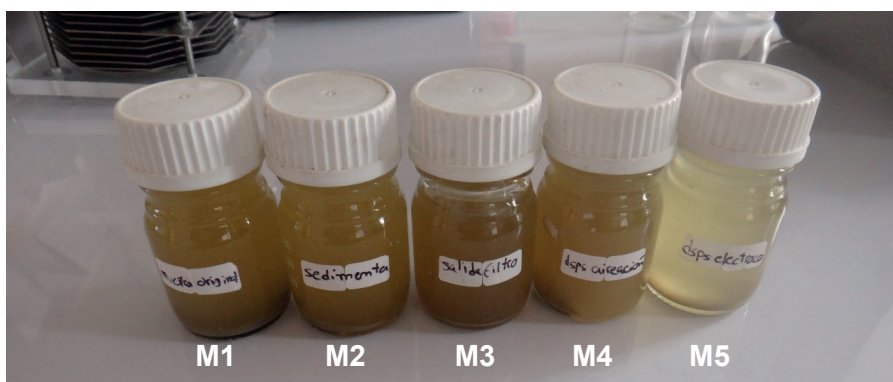


Figura 4. Muestras luego de aplicar cada etapa de tratamiento. M1: muestra inicial, M2: después de sedimentación, M3: después de la filtración, M4: después de la aireación y M5: después de la electrocoagulación.

Entre otro de los factores de relevancia en la electrocoagulación es el tiempo del proceso; en el presente estudio se realizó por un periodo de 15 minutos con la finalidad de que el consumo de energía no sea mayor y se evidenció en los ensayos que no hubo desgaste de los electrodos; porque trabajar a tiempos mayores y intensidad de corriente elevada genera que se desgaste más rápido los electrodos; en el presente sistema empleado la electrocoagulación fue clave para la remoción de la gran parte de la carga contaminante. A su vez el incremento de la densidad de corriente permite que los tiempos de tratamiento no sean tan prolongados, pero consecuentemente también existirá un desgaste mayor de los electrodos y una movilización de energía eléctrica a calorífica, lo que generara un incremento en la temperatura. Por lo que en el presente estudio se vio por conveniente trabajar a un amperaje y voltaje fijo.

4. DISCUSIÓN

En la caracterización de los efluentes se obtiene una DQO de 4976 mg/L, pero esta va variar dependiendo de la tecnología de la empresa. Como reporta Garzón-Zúñiga & Buelna (2014), en granjas chicas de hasta 2500 puercos la DQO varía entre 3478 y 9300 mg/L pero esto a su vez está sujeto al proceso productivo. La caracterización inicial es clave, porque es necesario saber la cantidad y calidad del agua descargada de una granja porcina (Perez, 2001) y en función a esta información se puede determinar el tipo de tratamiento que se tiene que aplicar. La mayoría de los sistemas de tratamiento de efluentes de granjas porcinas a escala real usualmente presentan eficiencias bajas, porque no se han considerado la gran variación de concentración de contaminantes de los efluentes de diferentes procesos productivos ya sea de maternidad, destete, engorda y mezcla (Garzón-Zúñiga & Buelna, 2014).

A pesar de que existen diversas tecnologías (Alonso-Estrada et al., 2014; Blanco et al., 2015; Escalante-Estrada & Garzón-Zuñiga, 2010; Méndez et al., 2013; Soria et al., 2001; Trejo et al., 2014) para tratar las aguas residuales de las granjas porcinas, tales como los sistemas biológicos donde se obtienen productos como el biol, biogás (Cervantes et al., 2007), estos tratamientos por lo general duran un promedio superior a 30 días y además está directamente influenciado por la temperatura (Soria et al., 2001), lo cual es un inconveniente debido a los cambios de temperaturas que existen en cada estación. Por otra parte no basta con aplicar solo una tecnología, para tener buenas eficiencias se aplican sistemas combinados, los sistemas de tratamiento de aguas residuales se lleva a cabo mediante procesos físicos, biológicos y químicos (Escalante-Estrada & Garzón-Zuñiga, 2010), por su parte Suero (2016), propone un sistema compuesto por un sedimentador, un reactor UASB, y dos lagunas facultativas; en contraste en el presente estudio se realizó una mezcla de tecnologías donde resalta la filtración y la electrocoagulación. Empleando electrodos de aluminio como los que se emplearon en el presente estudio resulta ser más adecuado para aplicaciones de la electrocoagulación porque produce especies de Al (III) los cuales interaccionan con los contaminantes (Nidheesh et al., 2020; Vepsäläinen & Sillanpää, 2020), los electrodos de aluminio ayudan a eliminar la turbidez y el color (Mahmad, Rozainy, Abustan, & Baharun, 2016) por otra parte muy importante es la configuración de los electrodos, en el presente estudio se empleó la conexión monopolar porque es más económico (Nidheesh, Kumar, Syam, Scaria, & Suresh, 2020). Por lo expuesto la electrocoagulación representa una alternativa potencial para el tratamiento de aguas residuales que contengan alta carga orgánica como las que genera la granja de porcinos. Tras el resultado obtenido este efluente tratado podría ser alimentado a un sistema a base de carbón activado o a un sistema terciario como la ultrafiltración para lograr una eficiencia mayor, pero puede resultar costoso para pequeñas granjas (Fugère, Mameri, Gallot, & Comeau, 2005).

Tratar las aguas residuales de las granjas porcinas representa todo un reto, en el presente estudio se realiza el tratamiento de un residuo como son las aguas residuales pero en una actividad comercial como la granja de porcinos también se generan diversos tipos de residuos, reducir los niveles de contaminación es el objetivo; lo que impone mejorar las prácticas actuales de gestión para lograr un tratamiento adecuado de los residuos que se generan (Alonso-Estrada et al., 2014). A pesar de que existe diversas maneras de aprovechar este tipo de residuos, como para producir biofertilizantes (Soria et al., 2001), producir la estruvita como fertilizante de liberación lenta, mediante la adición de $MgCl_2$ (Lhotský, Sýkorová, Hudcová, Filipová, & Cajthaml, 2016), incluso producir electricidad empleando como sustrato las aguas residuales porcinas (Ma, Ni, Su, & Meng, 2016); pero en Perú la mayoría de las empresas optan por desechar estos residuos muchas veces al sistema de alcantarillado. Este tipo de efluentes presenta una alta carga contaminante lo que se manifiesta en el valor de la DBO_5 y DQO, pero dado las características de este tipo de efluente la electrocoagulación resulta ser una tecnología propicia para este tipo de contaminantes con alta carga orgánica.

5. CONCLUSIONES

Las aguas residuales generadas en una granja porcina genera alta contaminación si no se realiza tratamiento alguno antes de su disposición final; estos efluentes se caracterizan por tener alto contenido en nitrógeno y fosforo pero a su vez es un potencial foco de contaminación con microorganismos y parásitos que se desarrollan en él; el sistema propuesto que consta de las etapas de sedimentación, filtración, aireación y electrocoagulación resulto ser eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la granja porcina; reduciendo la turbiedad en 99.34%, con un valor de pH final de 8.51; logrando así encajar en los valores máximos admisibles por la legislación Peruana. Si bien es cierto que los efluentes de la granja porcina tienen un alto contenido en nitrógeno, este fue reducido principalmente en la etapa de la electrocoagulación, ayudando no solo en la reducción de materia orgánica, sino que además otros contaminantes.

6. REFERENCIAS

- Alonso-Estrada, D., Lorenzo-Acosta, Y., Díaz-Capdesuñer, Y. M., Sosa-Cáceres, R., & Angulo-Zamora, Y. (2014). "Tratamiento de residuales porcinos para la producción de biogás". *ICIDCA : Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 48(3), 16–21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223132853003.pdf>.
- Apaza, H. (2019). "Eficiencia de la electrocoagulación en la remoción de materia orgánica de las aguas del río Torococha". *Revista Científica de Investigaciones Ambientales*, 2(2), 8–18. Disponible en: <http://revistas.upsc.edu.pe/journal/index.php/RIAM/article/view/57>
- Arias Martínez, S. A., Betancur Toro, F. M., Gómez Rojas, G., Salazar Giraldo, J. P., & Hernández Ángel, M. L. (2010). "Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas". *Informador Técnico (Colombia)*, 74, 12–22. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/22565035.5>
- Barrera-Díaz, C. E., Balderas-Hernández, P., & Bilyeu, B. (2018). Electrocoagulation: Fundamentals and prospectives. In *Electrochemical Water and Wastewater Treatment* (pp. 61–76). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813160-2.00003-1>
- Blanco, D., Suárez, J., Jiménez, J., González, F., Álvarez, L. M., Cabeza, E., & Verde, J. (2015). "Eficiencia del tratamiento de residuales porcinos en digestores de laguna tapada". *Pastos y Forrajes*, 38(4), 441–447. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n4/pyf08415.pdf>
- Cervantes, F. J., Saldívar-Cabrales, J., & Francisco Yescas, J. (2007). "Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos en la agricultura". *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3(1), 3–12. Disponible en: <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-1-estrategias-para-el-aprovechamiento-de-desechos.pdf>.
- Chen, S., He, S., Wu, C., & Du, D. (2019). "Characteristics of heterotrophic nitrification and aerobic denitrification bacterium *Acinetobacter* sp. T1 and its application for pig farm wastewater treatment". *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 127(2), 201–205. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2018.07.025>
- Drucker, A. G., Escalante Semerena, R., Gómez González, V., & Magaña Rueda, S. (2003). "La industria porcina en Yucatán: Un análisis de la generación de aguas residuales". *Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105–124. Disponible en: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2003.135.7505>
- Escalante-Estrada, V. E., & Garzón-Zuñiga, M. A. (2010). "Opciones de tratamiento para aguas residuales de tres granjas porcícolas". *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2(2), 87–90. Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2010.10.015>

- Fridrich, B., Krčmar, D., Dalmacija, B., Molnar, J., Pešić, V., Kragulj, M., & Varga, N. (2014). "Impact of wastewater from pig farm lagoons on the quality of local groundwater". *Agricultural Water Management*, 135, 40–53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.12.014>
- Fugère, R., Mameri, N., Gallot, J. E., & Comeau, Y. (2005). "Treatment of pig farm effluents by ultrafiltration". *Journal of Membrane Science*, 255(1–2), 225–231. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2005.01.036>
- Garzón-Zúñiga, M. A., & Buelna, G. (2014). "Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(1), 65–79. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100006
- Kim, Y.-J., Park, J.-H., & Seo, K.-H. (2018). "Presence of *Stenotrophomonas maltophilia* exhibiting high genetic similarity to clinical isolates in final effluents of pig farm wastewater treatment plants". *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(2), 300–307. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.12.002>
- Lhotský, O., Sýkorová, E., Hudcová, T., Filipová, A., & Cajthaml, T. (2016). "Treatment of pig farm effluents by aeration, struvite precipitation and filtration". *European Journal of Environmental Sciences*, 6(2), 73–82. Disponible en: <https://doi.org/10.14712/23361964.2016.11>
- Ma, J., Ni, H., Su, D., & Meng, X. (2016). "Bioelectricity generation from pig farm wastewater in microbial fuel cell using carbon brush as electrode". *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(36), 16191–16195. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.255>
- Mahmad, M. K. N., Rozainy, M. A. Z. M. R., Abustan, I., & Baharun, N. (2016). "Electrocoagulation process by using aluminium and stainless steel electrodes to treat total chromium, colour and turbidity". *Procedia Chemistry*, 19, 681–686. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.070>
- Méndez Novelo, R., Castillo Borges, E., Vázquez Borges, E., Briceño Pérez, O., Coronado Peraza, V., Pat Canul, R., & Garrido Vivas, P. (2009). "Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán". *Ingeniería*, 13(2), 13–21. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237035039_Estimacion_del_potencial_contaminante_de_las_granjas_porcinas_y_avicolas_del_Estado_de_Yucatan
- Méndez Novelo, Roger, Mena Velázquez, R., Castillo Borges, E. R., & Sauri Riancho, M. R. (2013). "Evaluación de un reactor UASB para aguas porcinas inoculado con líquido ruminal". *Ingeniería*, 17(1), 41–55. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/467/46729718004.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009). Valores Máximos Admisibles. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/se-regula-mediante-valores-maximos-admiisibles-vma-las-descargas-aguas>
- Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R., & Cocke, D. L. (2001). "Electrocoagulation (EC)-science and applications". *Journal of Hazardous Materials*, 84(1), 29–41. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00176-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00176-5)
- Nidheesh, P. V., Kumar, A., Syam Babu, D., Scaria, J., & Suresh Kumar, M. (2020). "Treatment of mixed industrial wastewater by electrocoagulation and indirect electrochemical oxidation". *Chemosphere*, 251, 126437. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126437>
- Pacco, A., Vela, R., Miglio, R., Quipuzco, L., Juscamaita, J., Álvarez, C., & Fernández-Polanco, F. (2018). "Propuesta de parámetros de diseño de un reactor UASB para el tratamiento de aguas residuales

porcinas". *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 381–391. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.09>

Pérez-Gutiérrez, A., Dzul-Mukul, C. R., Borges-Gómez, L. del C., Latournerie-Moreno, L., Ruiz-Sánchez, E., & Ayora-Ricalde, G. (2015). "Uso potencial de aguas residuales de criaderos de porcino en la producción de *Capsicum chinense*". *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 383–387. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000400006

Perez R. (2001). "Porcicultura y contaminación del agua en La Piedad, Michoacan, Mexico". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 17(1), 5–13. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/370/37017101.pdf>

Redding, M. R. (2001). "Pig effluent-P application can increase the risk of P transport: two case studies". *Australian Journal of Soil Research*, 39(1), 161–174. Disponible en: <https://doi.org/10.1071/SR99112>

Soria Fregoso, M. D. J., Ferrera Cerrato, R., Etchevers Barra, J., Alcántar González, G., Trinidad Santos, J., Borges Gómez, L., & Pereyda Pérez, G. (2001). "Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de porcino". *Terra Latinoamericana*, 19(4), 353–362. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Producción-de-biofertilizantes-mediante-de-excreta-Fregoso-Cerrato/d7d96c091a32a62732721bd479dba3b68972a112>

Suero, D. E. (2016). *Evaluación de opciones tecnológicas para el tratamiento de efluentes de la unidad experimental de porcinos de la UNALM* (Universidad Nacional Agraria La Molina). Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2860>

Trejo Lizama, W., Vázquez González, L. B., Uicab, A. J., Castillo Caamal, J., Caamal Maldonado, A., Belmar Casso, R., & Santos Ricalde, R. (2014). "Eficiencia de remoción de materia orgánica de aguas residuales porcinas con biodigestores en el estado de Yucatán, México". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2), 321–323. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93931761025.pdf>.

Vepsäläinen, M., & Sillanpää, M. (2020). Electrocoagulation in the treatment of industrial waters and wastewaters. In *Advanced Water Treatment* (pp. 1–78). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819227-6.00001-2>

REVISTA
Ciencia 

ISSN 1390-1117 • ISSN E: 2697-343X



© Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sangolquí, Ecuador.
CIENCIA - QUITO, Volumen 22, No. 3, Abril-Junio 2020
ISSN: 1390-1117, ISSN E: 2697-343X.
Revista Trimestral- 50 ejemplares

Título del Artículo en español (no más de 18 palabras)

Article's title (no more than 18 words)

**Nombre Apellido⁽¹⁾,
Nombre Apellido⁽²⁾, ...,
Nombre Apellido⁽³⁾**

(indicar el nombre y apellido de cada autor. El superíndice se utiliza para identificar la afiliación institucional del autor)

⁽¹⁾ Afiliación institucional autor 1

Dirección autor 1

Correo electrónico autor 1

⁽²⁾ Afiliación institucional 2

Dirección autor 2

Correo electrónico autor 2

⁽³⁾ Afiliación institucional 3

Dirección autor 3

Correo electrónico autor 3

Recibido: mes, año

Aceptado: mes, año

<https://doi.org/10.XXXX/xx-xxxx>

"THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE TERMS OF THE CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION LICENSE, WHICH PERMITS USE, DISTRIBUTION AND REPRODUCTION IN ANY MEDIUM, PROVIDED THE ORIGINAL WORK IS PROPERLY CITED."

RESUMEN

En esta sección, se debe describir claramente y en forma sintetizada la naturaleza y objetivo del trabajo, el método utilizado, los resultados obtenidos, y las principales conclusiones e implicaciones del estudio. El resumen puede ser escrito en un máximo de 200 palabras.

En esta sección, se debe describir claramente y en forma sintetizada la naturaleza y objetivo del trabajo, el método utilizado.

Palabras claves:

Deben ser incluidas en orden alfabético y separadas por comas. Se debe incluir un máximo de ocho palabras claves.

ABSTRACT

This section describes the nature and goals of the study, the methodologic approach, the main results, conclusions, and the main implications. The abstract must be clearly and concisely detailed. The abstract has a maximum of 200 words.

This section describes the nature and goals of the study, the methodologic approach, the main results, conclusions, and the main implications.

Keywords:

The keywords must be sorted alphabetically and separated by commas. A maximum of eight keywords is allowed.

1. INTRODUCCIÓN

Escriba su texto en Arial de 10 Pts, espacio simple. No utilice el doble espaciado. Todos los párrafos deberán iniciar con una sangría de 1.25 cm en el primer renglón y justificados. Por favor deje un espacio en blanco entre párrafos. Se describen los fundamentos del estudio, y principalmente, el estado del arte del tema tratado. Se mencionan los estudios previos pertinentes que se hayan realizado utilizando citas en el texto.

Es importante que se indiquen las razones que han motivado la investigación y los objetivos que se pretende alcanzar con el tema.

1.1. SUBAPARTADOS

Todas las referencias bibliográficas deben ser citadas dentro del artículo. Se utiliza el formato (Apellido, año de publicación); por ejemplo: “Para realizar la caracterización reológica de la mezcla asfalto-polvo de llanta se utilizó los parámetros descritos en (Villacís, 2013)”.

2. METODOLOGÍA

Este apartado puede cambiar su título, lo cual dependerá de la investigación que se haya desarrollado.

En caso de que el estudio posea una metodología de experimentación, o pasos que se hayan seguido para llegar a los resultados, serán detallados en esta sección. Se debe incluir los instrumentos de investigación empleados, los datos que fueron tratados y cómo fueron analizados.

El lenguaje de este y los consiguientes apartados debe ser técnico - científico, de acuerdo a la particularidad del trabajo.

En el texto del artículo se debe hacer referencia a las figuras, tablas y ecuaciones, como se indica en las secciones 2.1, 2.2, y 2.3.

Si las figuras o tablas no son inéditas, es obligatorio indicar su fuente.

2.1. REFERENCIA A FIGURAS

Cada figura debe estar mencionada en el texto; por ejemplo: “En la Figura 1 se presenta la microscopía de las fibras desarrolladas con la técnica de electrohilado”.

Las figuras deben ser claras y legibles, independientemente de que la impresión se realice en blanco y negro. Además, deben tener su respectiva leyenda y numeración arábica secuencial en la parte inferior, y estar centradas en el texto. Deberán estar incorporados en el texto de forma ordenada. En el caso de figuras (imágenes, fotografías y gráficos) deberán ser integrados en el texto en formato JPEG o TIFF, mínimo 1024x758 pixeles o 4 Megabytes (MB), numerados según el orden de aparición en el texto.

2.2. REFERENCIA A TABLAS

La numeración de las tablas sigue las mismas directrices que la numeración de las figuras, con la diferencia que la leyenda se coloca en la parte superior de la tabla. No se debe dividir ni cortar la tabla en diferentes páginas. Se debe hacer referencia a la tabla en el texto; por ejemplo: La Tabla 1 muestra las características del equipo utilizado para los ensayos reológicos.

Los títulos de la figura y de las tablas deben ser en Arial de 10 Pts. Use mayúsculas sólo en la primer palabra de cada título de las Figuras y de las Tablas.

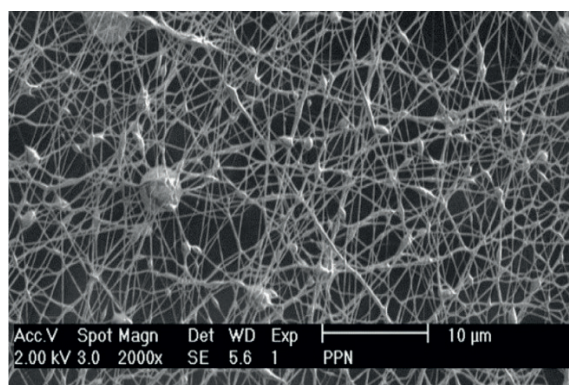


Figura 1. Microscopía de las fibras de polipirrol/óxido de polietileno/nylon 6 (Olvera, Aguilar, & Kryshtab, 2013).

Tabla 1.
 Características del Reómetro Discovery HR-2

<i>Elemento</i>	<i>Características</i>
Tipo de rodamiento	Magnético
Diseño del motor	Copa de arrastre
Torque mínimo	2 nN.m
Torque máximo	200 mN.m
Frecuencia máxima	100 Hz

2.3. REFERENCIA A ECUACIONES

Todas las variables de una tabla o ecuación deben ser descritas en el texto. Las ecuaciones se escriben en la mitad del texto, con el editor de ecuaciones y van numeradas a la derecha entre paréntesis. No debe ir espacio entre la abertura del paréntesis y el número de identificación de la ecuación. Ejemplo: La ecuación (1) describe el fenómeno de continuidad (Mott, 1996).

$$\nabla \cdot (\mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

Donde \mathbf{u} es el vector velocidad.

2.4. RECOMENDACIONES GENERALES

El texto debe redactarse en tercera persona, no utilizar lenguaje informal, procurando escribir con palabras sencillas y claras. Para palabras en otro idioma, se debe utilizar letra itálica; por ejemplo: El fluido tiene un comportamiento pseudoplástico o *shear-thickening*.

Cuando se definan siglas, es importante, la primera vez que aparecen en el texto, colocar la definición y luego del paréntesis las siglas. Ejemplo: *American Society of Mechanical Engineers* (ASME). Después de ello, se recomienda utilizar únicamente las siglas.

Es mandatorio utilizar magnitudes del Sistema Internacional de Unidades de Medida.

3. RESULTADOS

En la sección resultados, se establecen las relaciones entre los datos obtenidos, el problema de investigación, el método y el soporte teórico de la revisión de la literatura. Los resultados deben presentarse siguiendo la secuencia lógica de presentación de la información. Se presentan únicamente los resultados relevantes de forma sintetizada en tablas, figuras, etc.

4. DISCUSIÓN

Se presenta la interpretación de los resultados en un contexto más amplio y en relación de la literatura existente del estudio específico. Por ejemplo, hacer referencia a los objetivos inicialmente planteados, así como a su eventual aplicación y los trabajos futuros que se podría realizar.

5. CONCLUSIONES

Este último párrafo presenta las conclusiones más significativas. Las conclusiones son generalizaciones derivadas de los resultados y discusión. Responden a los objetivos del estudio y están justificadas por los datos presentados.

6. AGRADECIMIENTOS

Se hace mención a las contribuciones del estudio, tales como soporte técnico, contribución crítica al manuscrito. Se coloca las fuentes de financiamiento del estudio.

7. REFERENCIAS

Las referencias deben colocarse en orden alfabético, siguiendo las normas APA. Se tienen dos casos, el primero que hacer referencia a libros y el segundo a artículos.

Para libros, primero se escribe el apellido y la primera letra del nombre con un punto y luego una coma, después entre paréntesis se coloca el año de publicación y con letra cursiva el título del libro. Después separado por un punto se indica, con letra normal sin cursiva, el lugar donde se publicó, nombre de editorial, la edición, el número de página y el lugar. Si el libro se halla en internet se escribirá: disponible en: dirección electrónica.

Para el artículo luego de la identificación de los autores en forma similar a la de libros: Apellido e inicial del nombre, se escribe el año de publicación entre paréntesis. Después entre comillas se escribe con letra normal el título del artículo, se cierra comillas y con letra cursiva se indica el nombre de la revista o congreso, el volumen se escribe con negrillas y entre paréntesis y con negrillas el número de la revista, luego sin negrillas se indica la página inicial una raya intermedia y la página final, el lugar donde fue publicado. Si está en internet de deberá indicar, disponible en: dirección de internet.

Olvera, M., Aguilar, J., & Kryshtab, T. (2013). "Procesamiento de micro y nanofibras de polipirrol/óxido de polietileno/nylon-6 por la técnica de electrohilado". *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, (**Volumen 14**) 575-581. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-ingenieria-investigacion-tecnologia-104-articulo-procesamiento-micro-nanofibras-polipirrol-oxido-polietileno-nylon-6-S1405774313722674>

Villacís, N., (2013). *Estudio reológico de la mezcla SRFCC*. Quito. ESPE. Segunda Edición. 50 pp.

Olvera, M., Aguilar, J., & Kryshtab, T. (2013). "Procesamiento de micro y nanofibras de polipirrol/óxido de polietileno/nylon-6 por la técnica de electrohilado". *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, (**Volumen 14**) 575-581. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-ingenieria-investigacion-tecnologia-104-articulo-procesamiento-micro-nanofibras-polipirrol-oxido-polietileno-nylon-6-S1405774313722674>

REVISTA Ciencia

ISSN 1390-1117 • ISSN E: 2697-343X



© Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sangolquí, Ecuador.
 CIENCIA - QUITO, Volumen 22, No. 3, Abril-Junio 2020
 ISSN: 1390-1117, ISSN E: 2697-343X.
 Revista Trimestral- 50 ejemplares



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE.U



@ESPEU



ESPE.U



ESPE TV

www.espe.edu.ec

Tel: (593) 2 398 9400
Av. General Rumiñahui S/N y Calle Ambato
Sangolquí - Ecuador