

La Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central como entidad Pública de Educación Superior, durante los últimos años ha venido implementado acciones que propendan por el cuidado del medio ambiente, para que sus egresados tengan una visión distinta respecto a la conservación del planeta.

Dichas acciones se ven reflejadas en la actualización de los currículos en sus programas de educación superior, la creación del Grupo Interdisciplinar de Estudios Ambientales GEA y la conmemoración anual de la “Jornada de la Tierra”.

Resultado de las reflexiones académicas realizadas durante la “Décima Jornada de la Tierra” celebrada en abril de 2017, cuyo tema fue el ecodiseño, se presenta esta décimo séptima edición de la Revista Letras ConCiencia TecnoLógica, con el objetivo de compartir con la comunidad académica la importancia del diseño de productos que tengan en cuenta el uso de recursos sostenibles, el menor consumo energético, el uso de tecnologías más limpias y la disminución de residuos y desechos.

Las reflexiones presentadas en esta edición buscan inquietar a la comunidad, que si el deterioro ambiental está relacionado con la forma como los países desarrollan sus actividades económicas y con los procedimientos que emplean para explotar sus recursos naturales, entonces deben ser las políticas gubernamentales las que conduzcan al mejoramiento de las condiciones ambientales, pero, si son las actividades cotidianas las que deterioran el medio ambiente, debe ser el mismo ser humano quien disminuya ese deterioro.

Como grupo de investigación esperamos con estas reflexiones concientizar a la sociedad respecto a la responsabilidad que las pequeñas acciones que realicen los seres humanos como la separación de residuos en los hogares, hasta las grandes acciones como la creación de políticas gubernamentales contribuyen con la restitución de las condiciones ambientales necesarias para que el planeta no continúe en su deterioro.

María Flor Stella Monroy González
Investigadora Grupo Interdisciplinar de Estudios Ambientales GEA

Editorial 1

Propuesta para el tratamiento de porcinaza generada en la granja porcícola “El Encanto” ubicada en San Juan de Rioseco

John Alejandro Ariza Martínez, Ricardo Antonio Sanabria Velandia, Germán López Martínez, Luisa Marina Gómez Torres. 3

Análisis de ciclo de vida en la generación eléctrica por biodigestión anaerobia

Germán Arturo López Martínez 12

Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en la cafetería y banco de alimentos Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

María Flor Stella Monroy González, Fernando Antonio Torres Pérez Semillero de investigación Resolg 18

Eco-diseño y los sistemas de enfriamiento

María Dolores Galindo Torres 22

Impacto de la metrología óptica en el medio ambiente

Dra. C. Myriam Herrera Paloma, Ing. M. Sc. Alfonso Pulido León 27

Medición in situ de cualidades del agua para diseño de dispositivo

María Flor Stella Monroy González, Semillero de Investigación Ser Agua 31

Propuesta para el tratamiento de porcínaza generada en la granja porcícola “El Encanto” ubicada en San Juan de Rioseco

A proposal for the treatment in the use of swine manure produced at “El Encanto” swine farm located at San Juan de Rioseco

*John Alejandro Ariza Martínez¹,
Ricardo Antonio Sanabria Velandia²,
Germán López Martínez³,
Luisa Marina Gómez Torres⁴.*

Resumen

Mediante el uso de biodigestores, la porcínaza es transformada en biogás y en biofertilizante. Se presenta el diagnóstico que se realizó en la visita a la granja “El Encanto”, ubicada en el municipio de San Juan de Rioseco (Cundinamarca), donde se encontraron problemas en cuanto a la disposición de los residuos de estiércol porcino (290 kg d-1). Se muestran los resultados de la medición de producción de biogás a partir de la digestión anaeróbica llevada a cabo con la muestra de porcínaza que se recolectó en la granja y el cálculo teórico de su potencial energético, 15.85 Mcal año⁻¹. Se plantea una alternativa para la disposición final de la porcínaza, con los respectivos beneficios y evaluación económica.

Palabras clave: *Porcínaza, digestión anaeróbica, biodigestores, metano, potencial energético.*

Abstract

This research presents the diagnosis made when visiting the farm "El Encanto", located in the municipality of San Juan de Rioseco (Cundinamarca), where some swine manure waste disposal problems were found. The results of the measurement of biogas production from the anaerobic digestion carried out with the swine manure sample collected in the farm as well as the theoretical calculation of its potential energy are shown.

Finally, using bio digesters, the swine manure can be subjected to the action of anaerobic microorganisms and transformed into biogas and bio fertilizer, which is nutrient-rich and this alternative to improve the final disposal of the produced swine in the farm is considered to put forward solutions as well as their respective benefits and economic evaluation.

Key words: *Swine manure, anaerobic digestion, bio digesters, potential energy.*

1 Estudiante de procesos industriales. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. ricardos82@gmail.com

2 Estudiante de procesos industriales. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. alejo4@msn.com.

3 Magister en ingeniería mecánica. Facultad de electromecánica. Profesor Asociado Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. germanlopezm@yahoo.es

4 Doctora en ingeniería química. Facultad de Procesos Industriales. Profesora Asociada Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central Lmgomez@itc.edu.co

1. Introducción

Actualmente, la industrialización y urbanización generan impactos negativos sobre el medio ambiente, principalmente la utilización de recursos renovables y no renovables, cambio en el uso de la tierra, contaminación, generación de residuos, entre otros; lo cual contribuye al deterioro y destrucción de los ecosistemas.

Por lo anterior, se hace necesario buscar alternativas y estrategias que permitan disminuir los impactos negativos hacia el medio ambiente y la comunidad en general, para reutilizar la mayor cantidad de recursos, aprovechar y disponer de la mejor manera los residuos generados y explorar y sacar provecho de otros tipos y fuentes de energía limpias y sostenibles que posibiliten nuevas vías de desarrollo, salvaguardando los recursos no renovables y el entorno.

Los desechos orgánicos de origen vegetal y animal se pueden transformar, por acción de microorganismos anaeróbicos, en una mezcla de gases denominada biogás. El biogás se compone de metano y otros compuestos como dióxido de carbono, amoníaco, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno (Bidlingmaier, 2006; Soria *et al.*, 2001). En este proceso, conocido como digestión anaerobia, intervienen cuatro grupos de microorganismos diferentes. El primero consiste en una mezcla de bacterias que hidrolizan las moléculas complejas de mayor peso molecular por medio de enzimas. El segundo grupo lo llevan a cabo bacterias que transforman las moléculas hidrolizadas a ácidos volátiles (AGV). En la tercera etapa participan las bacterias acetogénicas que transforman los ácidos volátiles en acetato (Guillén-Watson & Rivas-Solano, 2012). El último grupo de bacterias son las llamadas metanogénicas acetoclásticas e hidrogenofílicas y constituyen el último eslabón de la cadena de microorganismos encargados de digerir la materia orgánica y devolver al medio los elementos básicos para reiniciar el ciclo, ya que estas bacterias tienen la capacidad de convertir el

ácido acético en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Guillén-Watson & Rivas-Solano, 2012). Las bacterias más importantes de este último grupo son las *Methanobacterium ruminantium* y *Methanobacterium formicum*, estas bacterias se caracterizan por no tener núcleo, ni orgánulos separados por membranas (procariotas) y son un grupo muy antiguo de organismos, miembros de las arqueobacterias (Díaz-Báez, 2002).

El objetivo de esta investigación fue realizar una propuesta para la mejora de la disposición final de los residuos de porcínaza generados en la granja “El Encanto” ubicada en San Juan de Río Seco. Se realizó la determinación del volumen de metano producido a partir de la porcínaza generada, utilizando un prototipo para la medición del biogás por desplazamiento de líquido, y se compararon los datos obtenidos con los generados por el software Biodigestor Pro[®]. Adicionalmente, se realizó un dimensionamiento del biodigestor y se determinó el potencial energético del metano producido. Se espera que los resultados obtenidos constituyan un aporte para mejorar la disposición final de los residuos sólidos generados en la cría de cerdos en las granjas porcícolas, particularmente en la granja “El Encanto”.

2. Metodología

2.1. Visita a la granja

Se realizó la visita a la granja porcícola “El Encanto” ubicada en el municipio de San Juan de Rio-seco (Cundinamarca), con el fin de realizar un diagnóstico sobre el funcionamiento de la misma, se hizo énfasis en la forma en cómo se disponen los residuos sólidos generados en el proceso de crianza de los cerdos. En la visita se tuvieron en cuenta otros aspectos tales como: (a) número de cerdos para calcular teóricamente la cantidad de porcínaza producida a diario, (b) tamaño y disposición de la granja para establecer el espacio ocupado por los diferentes procesos de cría y mantenimiento de los cerdos y analizar la posibilidad de hacer una redistribución de planta, (c) terreno y

alrededores de la granja para visualizar los efectos adversos que está provocando la disposición final de los residuos sólidos generados como por ejemplo: cuerpos de agua cercanos, viviendas aledañas, cultivos circunvecinos, etc., y (e) finalmente, actividades paralelas para obtener información de posibles opciones para la utilización del biogás y del biofertilizante producidos mediante el proceso de biodigestión anaeróbica.

2.2. Alistamiento, ensamble y puesta en funcionamiento del prototipo a nivel laboratorio

En el desarrollo de esta investigación se utilizó el método por desplazamiento de líquido, ya que

esta metodología es una de las más sencillas y económicas. El prototipo consta de un baño termostático (Temperatura de 35°C) el cual está montado sobre un mueble de tres niveles en acero inoxidable que permite el ensamble y acondicionamiento de las botellas que servirán como tanques de almacenamiento para los reactores (residuo y lodo), la soda cáustica desplazada y el metano producido

En el montaje para la medición de metano se utilizaron botellas de vidrio (reactores) de 500 ml, selladas con tapón de caucho y debidamente grafadas para garantizar hermeticidad (Figura 1).

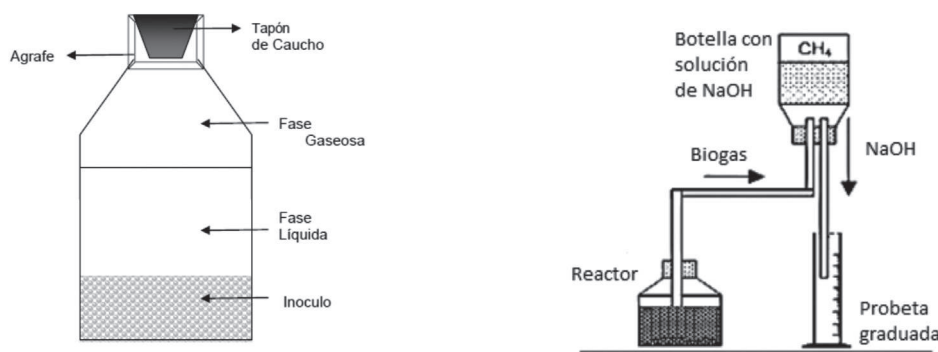


Figura 1. Botella de vidrio usada como reactor y montaje para la determinación de metano por medio del método de desplazamiento de líquido.

Fuente: Adaptado de Field & Lettinga (1987); Perez, & Cajigas (2002).

Se utilizó como inóculo un lodo floculento anaeróbico proveniente de una laguna facultativa ubicada en el Departamento de Casanare, en la cual se trataban aguas residuales. Como residuo para el estudio se utilizó porcínaza, obtenida de la granja "El Encanto", ubicada en la población de San Juan de Rioseco. La carga ensayada en los reactores fue de 2.5 g DQO del residuo /g SSV del lodo anaeróbico.

Se midió la producción de metano por el método de desplazamiento de líquido (Figura 1). Como sustancia desplazante se utilizó hidróxido de sodio

(NaOH), por su propiedad de reaccionar con el dióxido de carbono (CO₂) presente en el biogás, permitiendo así una medición más aproximada del volumen de metano producido (Chernicharo, 1997).

El proceso de pesaje se realizó diariamente, desde el 9 de Mayo hasta el 16 de Junio de 2017 (39 días). También se realizaron los cálculos para determinar el potencial energético del metano producido en el prototipo a nivel laboratorio y de igual manera se hizo la proyección aplicando dichos cálculos a la cantidad de porcínaza generada en la granja.

2.3. Dimensionamiento del biodigestor y Evaluación económica

Con ayuda del software Biodigestor Pro®, programa para el dimensionamiento y diseño de biodigestores domésticos e industriales, plantas de biogás, se realizaron los cálculos para el dimensionamiento del biodigestor para la granja y toda la evaluación económica de lo que representaría dicha inversión para los dueños de la misma.

3. Resultados y análisis

Diagnóstico inicial

La granja se encuentra en zona rural de San Juan de Rio Seco, y es la más grande y activa con la que cuenta el municipio en la actualidad, sus principales clientes son empresas dedicadas a la fabricación de lechona. Actualmente cuenta con 42 cerdos distribuidos así: (a) 3 machos para monta, (b) 27 hembras para cría y (c) 2 crías (aproximadamente de 2 meses). La granja cuenta también con una pequeña plantación de plátano “cachaco”, para consumo propio, y dentro del terreno se encuentra la vivienda de los dueños.

La granja se divide básicamente en 4 áreas diferenciadas: (a) Corrales de las hembras, (b) Corrales de los machos, (c) Corrales de las crías, (d) Área de partos.

El proceso de la granja se resume en lo siguiente: cuando la hembra entra en el periodo de celo es llevada al corral del cerdo para la respectiva monta y luego es dirigida a una de las celdas en el área de partos para que inicie todo el proceso de gestación 114 días tiempo durante el cual permanece en el área de partos (Figura 2).

Al momento del parto una cerda tiene al menos 10 lechones. Las crías permanecen, un mes en la granja, por su alta demanda. Cuando nace un macho de buenas características se deja en la granja para criarlo y convertirlo en un futuro semental.

Se evidenció en la visita que la disposición final de la porcínaza se hace de dos maneras, así: (a) es

almacenada en unas bateas hechas con ladrillo y a medida que se seca es arrojada en un pequeño cuerpo de agua que hay cerca de la plantación de plátano y (b) se riega en los corrales donde dejan las crías después del destete.

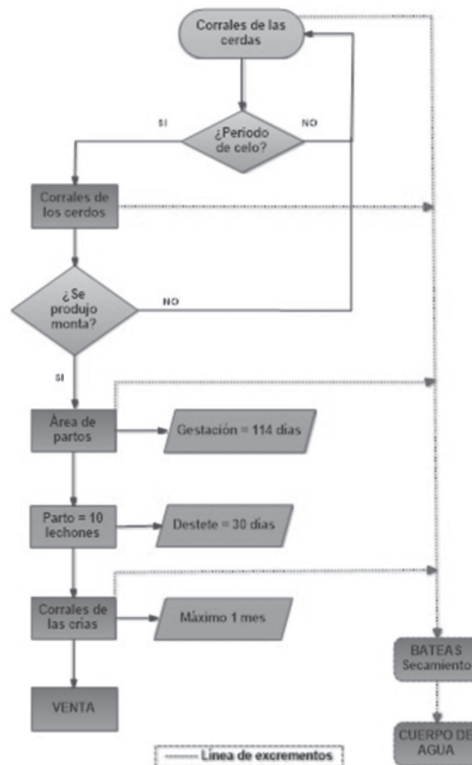


Figura 2. Diagrama de proceso granja “El Encanto”.

La cantidad de porcínaza producida depende del tipo de comida que se les proporcione a los cerdos, en la granja utilizan 3 marcas: Soya, Intelcol y Cointegral. El cerdo aprovecha tan solo el 40% de nutrientes que le brinda el concentrado, por lo que la porcínaza es aun contiene una gran cantidad de micro y macronutrientes que pueden ser aprovechados.

En promedio cada animal adulto produce 9,1 kg de excrementos al día, lo que significa que son 273 kg de excrementos producidos por los cerdos adultos, más lo generado por los lechones (17 kg día⁻¹), esto representaría diariamente 290 kg de estiércol, y por mes 8.700 kg. La cantidad de porcínaza es considerable y su disposición es deficiente, ya que se genera contaminación y se

desaprovechan las ventajas de la porcinoza (económicas y energéticas).

Medición de biogás en el prototipo

Los resultados de la producción acumulada de metano se presentan como el promedio de la producción en los frascos (reactores) tratamiento (residuo y lodo) y control (lodo) (Figura 3).

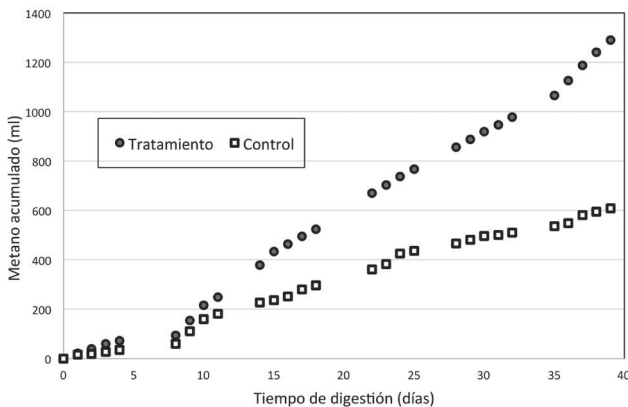


Figura 3. Producción de metano acumulada para el tratamiento y el control en el ensayo realizado.

Tabla 1. Resumen tasa máxima de biodegradabilidad

Carga	Pendiente mg/l DQO-CH ₄ •d	SSV mg /l	Tasa máxima (mgDQOCH ₄ /mg SSV •d)	Tiempo de degradación (d)
2.5	71.178	2000	0.0356	28.09

Se tiene en cuenta que los resultados de la tabla 1 corresponden a la producción de metano en ml convertidos a DQO-CH₄, sabiendo que 1 g de DQO equivale a 0.52 ml CH₄.

Con la carga de 2.5 g DQO/g SSV la tasa máxima de biodegradabilidad es de 0.036 y la producción máxima de metano se daría a los 28 días. De acuerdo a los registros de producción de metano (Figura 3), observamos que hay un tiempo de adaptación del lodo de aproximadamente 10 días, por lo que el tiempo máximo de degradación de la biomasa coincide con los 28 días de la tabla 1, ya que a los 39 días se les descuentan los

El lodo necesita un tiempo inicial de adaptación de aproximadamente diez días para iniciar el proceso de degradación anaeróbica. Para la carga ensayada de 2.5 g DQO/g SSV, se presentó una acumulación de metano relativamente buena, esto sugiere que las condiciones del ensayo fueron las adecuadas para la digestión anaeróbica. La producción de metano del lodo fue relativamente alta (mayor a 100 ml) lo que sugiere la necesidad de realizar una digestión previa del lodo para disminuir la materia orgánica presente en éste y evitar una contribución a la producción de metano.

Tasa máxima de biodegradabilidad

Por definición la tasa máxima de biodegradabilidad corresponde a la pendiente máxima de la curva de producción neta de metano, en términos de DQO (mg/L DQO-CH₄/día) por los SSV (mg/l) del reactor. De esta manera la tasa máxima se expresa en (mg DQO-CH₄/mg SSV•d) para la carga ensayada (Tabla 1).

10 días correspondientes al arranque del proceso anaeróbico.

Potencial energético teórico la biomasa porcino

Para el cálculo teórico del potencial energético de la porcinoza se utilizó la siguiente fórmula:

$$PE_{BP} = MS * Bo * PCI_{CH_4}$$

Donde:

PE_{BP} : potencial energético del estiércol porcino (kcal/día)

MS: materia seca (kg MS/cabeza-día)

Bo: producción de biogás (m³/kg SV)

PCI_{CH₄}: poder calorífico inferior del metano (kcal/m³)

Los datos utilizados en la resolución de la fórmula fueron los siguientes:

PE_{BP}: Valor a calcular del potencial energético de la porcinaza

MS = 19,12 kg MS/día = 6883,2 kg MS/año (es lo que producen los 32 cerdos)

Bo: 0,27 m³/kg MS (producción de metano en base seca)

PCI_{CH₄} = 8900 kcal/m³

Reemplazando los datos anteriores en la fórmula:

$$PE_{BP} = \frac{19,12 \text{ kg MS}}{\text{día}} \times \frac{0,27 \text{ m}^3}{\text{kg MS}} \times 8.900 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}$$

$$PE_{BP} = 45.945,36 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \cong 46 \frac{\text{Mcal}}{\text{día}} \cong 16,54 \frac{\text{Mcal}}{\text{año}} \quad (1)$$

Experimentalmente, en el ensayo de degradación anaeróbica, se encontró que en 39 días se produjeron 682 ml CH₄ por 40 g de porcinaza. A partir de esta información se puede calcular también el potencial energético de la porcinaza, así:

$$PE_{BP} = \frac{682 \text{ mL CH}_4}{40 \text{ g porcinaza}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1'000.000 \text{ mL}} \times 1000 \frac{\text{g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{290 \text{ kg porcinaza}}{\text{día}} \times \frac{8.900 \text{ kcal}}{\text{m}^3}$$

$$PE_{BP} = 44.006,05 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} = 44 \frac{\text{Mcal}}{\text{día}} = 15,84 \frac{\text{Mcal}}{\text{año}} \quad (2)$$

Los valores calculados anteriormente (1) y (2) son muy similares. Con esto se comprueba que la utilización del software Biodigestor Pro[®] (Tabla 2) es bastante confiable para los cálculos requeridos ya que prácticamente coincidieron con los datos obtenidos experimentalmente en el prototipo a nivel laboratorio

Tabla 2. Equivalencias energéticas del biogás. Fuente: Software Biodigestor Pro[®]

Biogás (Nm ³)	(Por día)	(Por año)
	8	2.876
BTU	180.813	65.996.672
Mega Joule	191	69.630
M.cal	46	15.84
MWhe	0	5
HP.h	71	25.983
BHP	5	1.972
Ton TNT	0	17

Con la cantidad de biogás producido se puede calcular también el potencial energético a nivel eléctrico. 1 m³ de biogás (60% de CH₄ y 40% de CO₂) tiene una energía de 6,06 kWh. Por lo general, la eficiencia se ve afectada al convertirla, por lo que se suele utilizar un 30% para energía eléctrica y un 50% para la energía térmica (Díaz-Piñón & Caldoza-Rafael, 2008).

$$\text{Energía eléctrica esperada} = 5,12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{6,06 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3} \times 0,30 = 9,31 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} = 279,3 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

$$\begin{aligned} \text{Energía térmica esperada} &= 5,12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{6,06 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3} \times 0,50 = 15,51 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \\ &= 465,3 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Si un hogar consume en promedio 200 kWh al mes, la granja estaría frente a una gran oportunidad de generación de energía eléctrica.

El otro punto de comparación que puede realizarse es respecto al gas propano. 1 m³ de biogás equivale a 0,25 m³ propano (Sogari, 2003; Walsh et al, 1989). La granja "El Encanto" cuenta con dos estufas y dichas estufas consumen un cilindro de gas de 40 lb cada 15 días, el valor de cada cilindro es de \$50.000 lo que significa que la inversión mensual por ese concepto es de \$100.000 al mes.

Se debe tener en cuenta que 1 kg de propano equivale a 13,39 kWh, por lo tanto las 40 lb que contiene cada cilindro corresponden a 18,14 kg de gas y a su vez equivalen a 242,9 kWh. Si tenemos

en cuenta el consumo promedio de un hogar, con el cilindro de propano tendríamos cubierto dicho consumo de manera inmediata; esto se debe a que el propano tiene mayor poder energético por unidad de volumen respecto al metano, 22.000 kcal/m³ (propano) frente a 8.900 kcal/m³ (metano).

La granja puede continuar con el uso del propano por sus mejores características energéticas; sin embargo, como la producción de biogás sería continua (siempre habría porcinaza para descomponer), el dueño no se preocuparía por el abastecimiento de gas en su cocina.

Alternativa de solución para la granja

Para mejorar la disposición final a los residuos sólidos generados en la granja, se propone la construcción e implementación de un biodigestor, para almacenar la porcinaza producida durante el proceso y a su vez el espacio y condiciones necesarias para que se lleva a cabo la digestión anaeróbica y de esta manera obtener biogás (para usar en la propia granja) y fertilizante orgánico (para comercializar en el municipio).

Con los datos que se le ingresaron al software Biodigestor Pro[®], se dimensionó un biodigestor tipo laguna, el software calculó la capacidad del mismo y los componentes complementarios del montaje (Tabla 2), los planos para la construcción (Figura 4), y la evaluación económica del proyecto (presupuesto y análisis costo-beneficio) (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Dimensionamiento de estructuras mediante el uso del Software Biodigestor Pro[®]

Biodigestor	
Unidades requeridas:	1
Tipo:	Bajo tierra
Material:	Membrana
Volumen total requerido (m ³):	9
Volumen de cada unidad: (m ³)	9
Largo (m)	12,30
Ancho (m)	8,20
Profundidad (m)	4,00
Tiempo de retención hidráulica (d)	31
Carga orgánica volumétrica kg/m ³ d	1,67
Tanque de alimentación	
Volumen (m ³)	0,29
Largo (m)	0,55
Ancho (m)	0,55
Profundidad (m)	1,20
Tanque de descarga	
Volumen (m ³)	0,87
Largo (m)	1,04
Ancho (m)	0,70
Profundidad (m)	1,20
Lecho de secado	
Área (m ²)	0.17
Largo (m)	0.71
Ancho (m)	0.47
Profundidad (m)	0.50

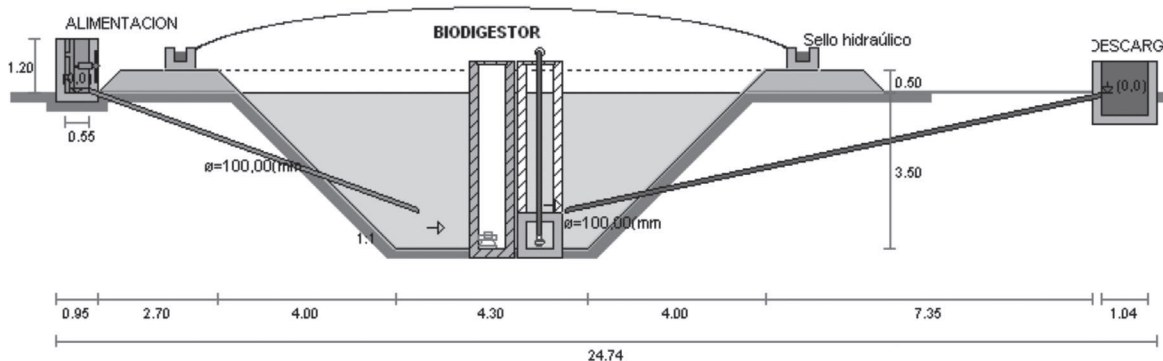


Figura 4. Plano de las estructuras que conforman el proceso de biodigestión en la granja porcícola.

Tabla 4. Presupuesto biodigestor tipo laguna.Fuente: Software Biodigestor Pro[®]

Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Precio Total
Excavación y Construcción de Resante	m ³	186	\$ 5.580.000	\$ 5.580.000
Hormigón Armado	m ³	27	\$ 20.250.000	\$ 20.250.000
Membrana EPDM para Cubierta	m ²	192	\$ 11.520.000	\$ 11.520.000
Geomembrana HDPE para Fondo de Laguna	m ²	273	\$ 12.285.000	\$ 12.285.000
Tuberías de PE Alimentación y Descarga	m	32	\$ 3.072.000	\$ 3.072.000
Tuberías de Acero Captación de Biogas	m	82	\$ 8.610.000	\$ 8.610.000
Accesorios para Tuberías (Incluye Válvulas de Cierre)	Global	16	\$ 1.680.000	\$ 1.680.000
Bombas de Succión de Lodos	Unidad	2	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Pernos y Anclajes para Sujetar la Membrana	m	41	\$ 1.845.000	\$ 1.845.000
Válvulas de Seguridad y Control	Global	1	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Sistema de Control de Procesos	Global	1	15.000.000	15.000.000
Instalaciones Eléctricas y Tableros	Global	1	\$ 27.000.000	\$ 27.000.000
Exteriores (Tuberías. Cajas de Válvulas. Arquetas, etc.)	%	Varios	\$ 5.067.000	\$ 5.067.000
Costos Aproximados de Construcción para un Biodigestor				\$ 118.209.000

Tabla 5. Análisis costo-beneficio del proyecto.Fuente: Software Biodigestor Pro[®]

Resumen de ingresos	
Fertilizante	\$8.160.000
Bonos de carbono CERS	-
Suma de ingresos	\$8.160.000
Rendimiento Anual: Ingresos-Inversión	\$110.049.000
Tasa de retorno	0.93

Se puede observar que según el programa la construcción y puesta en funcionamiento del biodigestor tendría un costo de \$118'209.000 (Tabla 4) un valor muy elevado para la realidad económica de la granja "El Encanto", esto debido a los materiales usados y al sistema eléctrico y de control. También se visualiza que las ganancia

cias por año por la venta del fertilizante serían de \$8'160.000, lo que representa que de entrada hay un endeudamiento del 93% (Tabla 5). Además, al calcular la rentabilidad del proyecto se encuentra que sería muy baja respecto al monto de la inversión y que el periodo de la inversión sería de aproximadamente 13,93 años.

4. Conclusiones

La porcicultura se ha convertido en una actividad económica muy común en varios departamentos del territorio nacional gracias a su sencillez y la buena rentabilidad que produce.

Por lo expuesto en este trabajo, la utilización de biodigestores en las granjas porcícolas no solo las convertiría en más productivas, sino que se lograría un valioso aporte al sostenimiento del medio ambiente sumado al hecho de que se generarían otro tipo de beneficios para los poricultores.

Se pudo evidenciar que es posible generar considerables cantidades de energía a partir de la porcinaza (al igual que otro tipo de residuos orgánicos, urbanos y agrícolas), permitiendo reemplazar un porcentaje importante de los combustibles fósiles utilizados actualmente para la generación de energía. La cantidad de energía que se genera es aprovechada en la misma granja.

Se beneficia la comunidad del municipio al poder contar con un fertilizante rico en nutrientes para los diferentes cultivos existentes.

La técnica de medición de metano por desplazamiento de líquido, en los ensayos de biodegradabilidad anaerobia, constituye una herramienta apropiada y confiable debido a su fácil implementación y a la alta reproducibilidad de los datos que se obtienen de las réplicas de tratamiento y control.

5. Referencias Bibliográficas

Bidlingmaier, W. (2006). Fifth ORBIT Conference probes anaerobic digestion. *BioCycle Journal of Composting and Organics Recycling*, 47(9), 42-49.

Chernicharo, C. A. D. L. (1997). *Reactores anaeróbios* (Vol. 5). UFMG.

Díaz-Báez, M. C., Espitia Vargas, S. E., & Molina Pérez, F. (2002). *Digestión Anaerobia: Una aproximación a la tecnología*. Universidad Nacional de Colombia.

Díaz-Piñón, M., & Caldoza-Rafael, J. M. (2008). *Biodigestores, biogás y bioabonos: un sistema tecnológico limpio*. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), La Habana.

Field, J. A., & Lettinga, G. (1987). The methanogenic toxicity and anaerobic degradability of a hydrolyzable tannin. *Water Research*, 21(3), 367-374.

Guillén-Watson, R., & Rivas-Solano, O. (2012). Producción de metano a partir de desechos orgánicos generados en el Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(2), 73-79.

Perez, A., & Cajigas, A. (2002). Corrección de pH en reactores anaerobios tratando aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. *Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Cali*.

Sogari, N. (2003). Cálculo de la producción de metano generado por distintos restos orgánicos. *Universidad Nacional Del Nordeste, Argentina. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*.

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 cerdo. *Terra Latinoamericana*, 19(4).

Walsh, J. L., Ross, C. C., Smith, M. S., & Harper, S. R. (1989). Utilization of biogas. *Biomass*, 20(3-4), 277-290.



Análisis de ciclo de vida en la generación eléctrica por biodigestión anaerobia

Life cycle analysis in power generation by anaerobic bio digestion

Germán Arturo López Martínez¹

Resumen

Este trabajo está dividido en cuatro secciones: la primera describe: el proceso de digestión de la biomasa, los diferentes tipos de biodigestores, y los requisitos ambientales para generar biogás; la segunda responde a la pregunta ¿qué es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV)?, se mencionan las etapas, los impactos ambientales evaluados, y una visión general para un producto en general; la tercera presenta los resultados de una aplicación de ACV a una planta de cogeneración de 1 MW-h de energía, a partir de biogás en una hacienda agrícola; finalmente, las conclusiones, destacan la reducción significativa de emisión de gases de efecto invernadero, pero se advierte sobre un leve aumento en dos aspectos ambientales: la acidificación y la eutrofización.

Palabras clave: *Análisis de ciclo de vida ACV, Biogás, Cogeneración, Medio ambiente.*

Abstract

This research is divided into four sections: the first one describes the of biomass digestion process, its different types of bio digesters and the environmental requirements to generate biogas; the second one answers the question “what Life Cycle Analysis (LCA) is, in which the stages, the environmental impacts assessed and a general overview for a general product are mentioned; the third section presents the results of an application of LCA to a cogeneration a power 1 MW-h plant from the use of biogas in an agricultural farm. Finally, the conclusions highlight a significant reduction in the emission of greenhouse gases, but a slight increase in two environmental aspects such as acidification and eutrophication are shown as a warning.

Key Word: *Life Cycle Analysis LCA, Biogas, Cogeneration, Environment.*

12

1. Introducción

“El biogás es un gas combustible un poco más liviano que el aire (densidad de 0.94 kg/m³ a condiciones atmosféricas), posee una temperatura de inflamación de alrededor de 700°C y la temperatura de llama alcanza 870°C. El biogás está compuesto por varios gases como: metano (CH₄) (50% a 70%), bióxido de carbono (CO₂) (30% a 50%), ácido sulfhídrico (H₂S) (0.1% a 1%) y nitrógeno (N₂) (0.5% a 3%). Su pureza y calidad dependen de la cantidad de metano que contenga; cuanto mayor es el porcentaje de este gas, más puro y mayor su poder calorífico”. (López, 2017)

¹ MsC Ingeniería Mecánica. Ingeniero Mecánico. Estudiante de doctorado en Ingeniería. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Investigador grupo de investigación GEA. Correo: germanlopezm@yahoo.es

El biogás se obtiene del proceso de biodigestión anaerobia de la biomasa, en un biodigestor. Es un proceso biológico que ocurre cuando la materia orgánica (biomasa) es descompuesta por bacterias en ausencia de oxígeno (proceso anaeróbico). (EPA, 2014)

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptibles de ser aprovechados energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica. Está conformada por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), entre otros elementos. (ACMOR, 2017).

En la figura 1 se aprecia los diferentes orígenes de la biomasa, esta puede obtenerse de diversas fuentes, como los residuos agrícolas, forestales y cultivos energéticos, de residuos industriales forestales y agro alimentos, de residuos urbanos, y de residuos ganaderos.

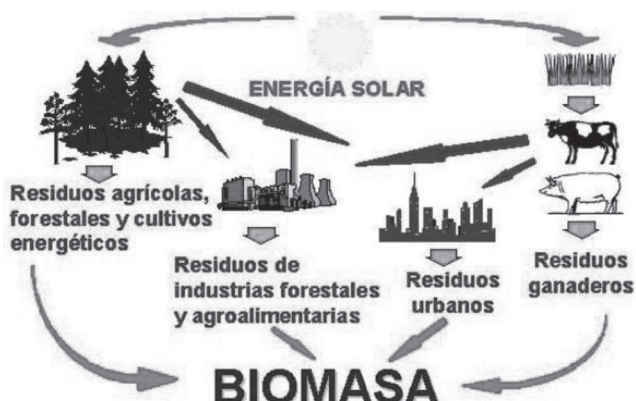


Figura 1. Origen de la biomasa.
(Fuente: (Nogués, García, & Rezeau, 2010))

Un biodigestor es un recipiente cerrado o tanque en el que se produce el biogás, puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico. Se clasifican en estacionarios (tipo batch), para una sola carga, y continuos, para cargas frecuentes, existen tres tipos: hindú (de campana flotante), chino (de campana fija), Taiwán (de bolsa). Ver figura 2.

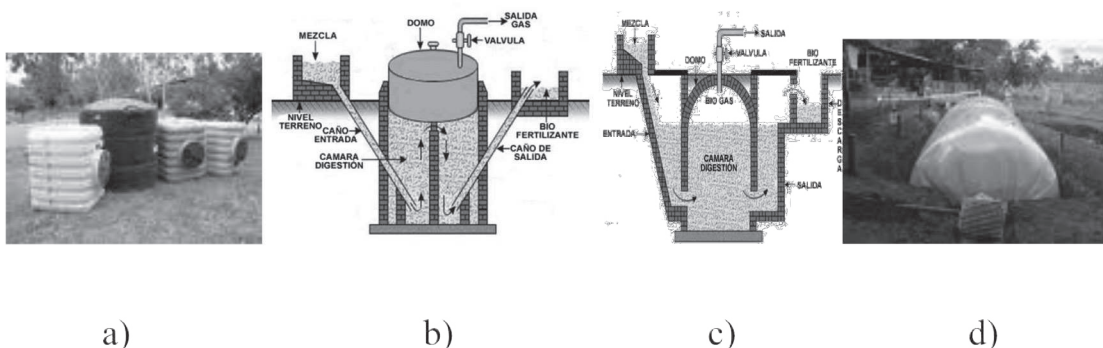


Figura 2. Tipos de Biodigestores: a) estacionario de una sola carga, b) hindú, c) chino, d) Taiwán. Los tres últimos son de carga continua.
Fuente (HRS, 2015)

Los requisitos ambientales para contar con una buena digestión son: la temperatura, el pH, y el contenido de humedad. (Avşar, Y., 2016)

El biogás generado se usa para calefacción, o como biocombustible para alimentar un motor de

combustión interna o una turbina, que a su vez mueve un generador eléctrico para producir electricidad de manera local. Si se emplea para sus dos usos de manera simultánea se le llama co-generación. (o CHP ciclo de calor y potencia por sus siglas en Inglés) (Kaltschmitt, M., 2016)

2. ¿Qué es el Análisis del Ciclo de Vida ACV?

Es una herramienta que se usa para estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles al ciclo de vida de un producto, un proceso o un servicio.

Toda actividad o proceso provoca impactos medioambientales, supone el consumo de re-

ursos, emite sustancias al medio y genera modificaciones ambientales durante su periodo de existencia. (ECOIL, 2016). En la Figura 3 se muestran las etapas del ACV de un producto, o un proceso, a saber: gestión de residuos, extracción de materias primas, pretratamiento, producción de bienes, y distribución y uso; esta última fase genera nuevos residuos, por lo que se reinicia el ciclo.

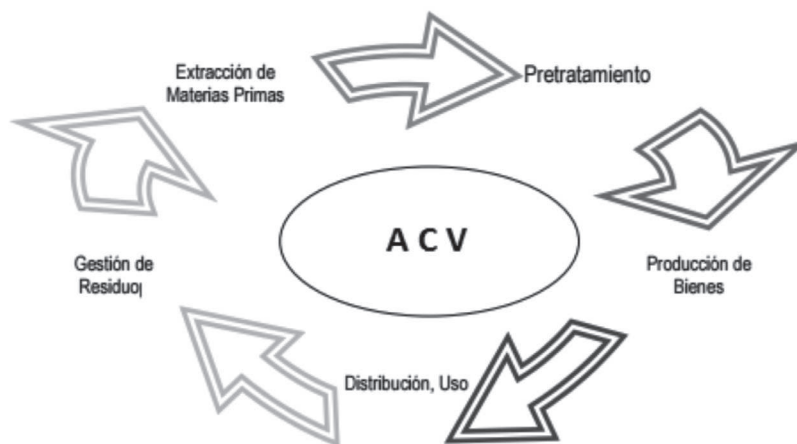


Figura 3. Etapas del Análisis del Ciclo de Vida de un producto. (ECOIL, 2016)

Los impactos medioambientales que se valoran habitualmente son: el cambio climático, la reducción de la capa de ozono, la generación de ozono en la troposfera, la eutrofización, (enriquecimiento con nutrientes a un ecosistema), la acidificación y otras. (Williams, 2009)

La herramienta del ACV fue desarrollada en los años 60s, (del siglo XX), y se usó para la prevención de la contaminación en los años 70s. No existen procedimientos específicos o guías a seguir, sin embargo hay una serie de aproximaciones que pueden ser útiles en función de la necesidad a resolver a través del ACV. (Aguirre-Villegas & Larson, 2017)

El principio básico de la herramienta es la identificación y descripción de todas las etapas

del ciclo de vida de los productos, procesos o servicios.

3. ACV de una planta de cogeneración (CHP) de 1 MW-h de energía.

Como se advirtió, el objetivo es estimar los impactos ambientales del ciclo de vida de la co-generación (electricidad y el calor, CHP), en una granja agrícola en Inglaterra, donde se utiliza el biogás producido en un reactor de digestión anaeróbica, el que se alimenta con 14 t/día de una combinación de diferentes biomásas: estiércol de vacas (7t/día), suero de queso (2,33 t/día), ensilaje de maíz (2,33 t/d) y remolacha forrajera (2,33 t/d).

Se usó el software Gabi LCA V4.4 y el método CML 2011 (*software que contiene la caracterización de factores para evaluar el impacto del ACV*) para estimar los impactos. En la figura 4 se muestra el esquema general de la planta de cogeneración (CHP) en la granja agrícola. Allí se aprecia el esquema de la planta generadora de biogás,

y la planta de co-generación CHP, en ambas se contempla los efectos producidos por la tecnología de manufactura de cada equipo. Además se muestran los flujos de masa y energía que entran y salen de cada planta, los que generan impactos ambientales, y son evaluados en el ACV. (Evangelisti, Lettieri, Borello, & Clift, 2014).

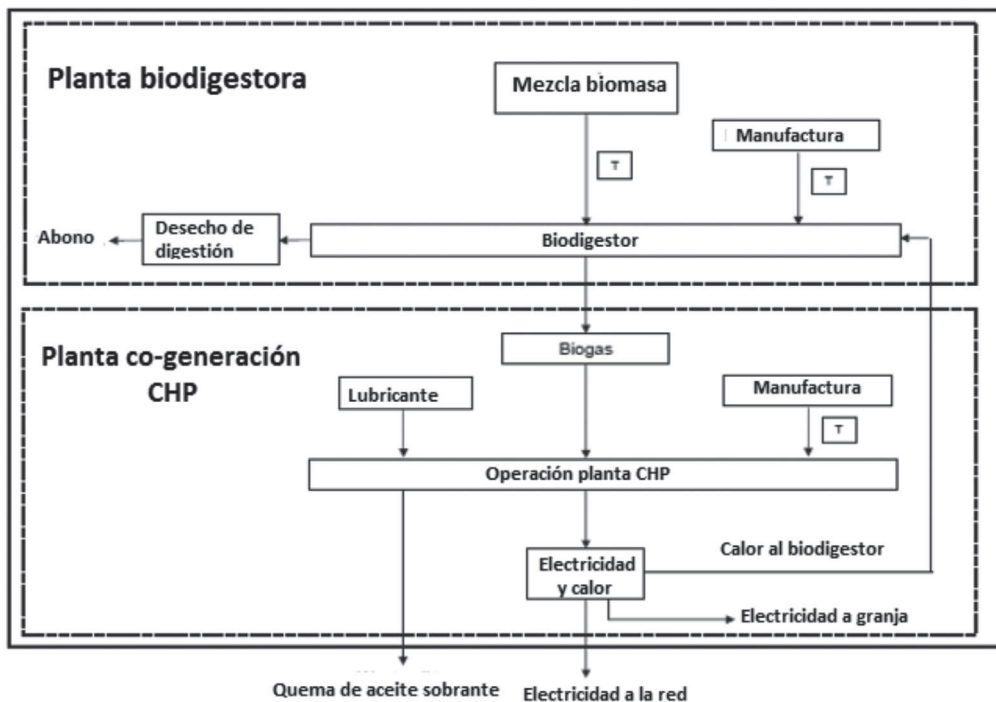


Figura 4. Esquema general de planta de co-generación CHP alimentada por el biogás producido en la planta biodigestora.

Fuente: (Evangelisti et al., 2014)

Se evaluaron 11 factores ambientales:

ADP: Potenciales de agotamiento abiótico, y fósil; AP: Potencial de acidificación; EP: Potencial de eutrofización; FAETP: Potencial de toxicidad acuática de agua dulce; GWP: Potencial de calentamiento global; HTP: Potencial de toxicidad humana; MAETP: Potencial de eco-toxicidad acuática marina; ODP: Potencial de agotamiento del ozono; POCP: potencial de creación de oxidantes fotoquímicos; TETP: Potencial de eco-toxicidad terrestre;

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar el ACV, allí se encuentra que en 9 de los 11 aspectos evaluados se logra disminuir los impactos ambientales generados, y solo en dos de ellos (AP: Potencial de acidificación, y EP: Potencial de eutrofización), presentan incrementos, en comparación con otros tres escenarios analizados: cogeneración con gas natural, uso de energía de la red y caldera con gas natural, y uso de energía de la red y caldera de aceite.

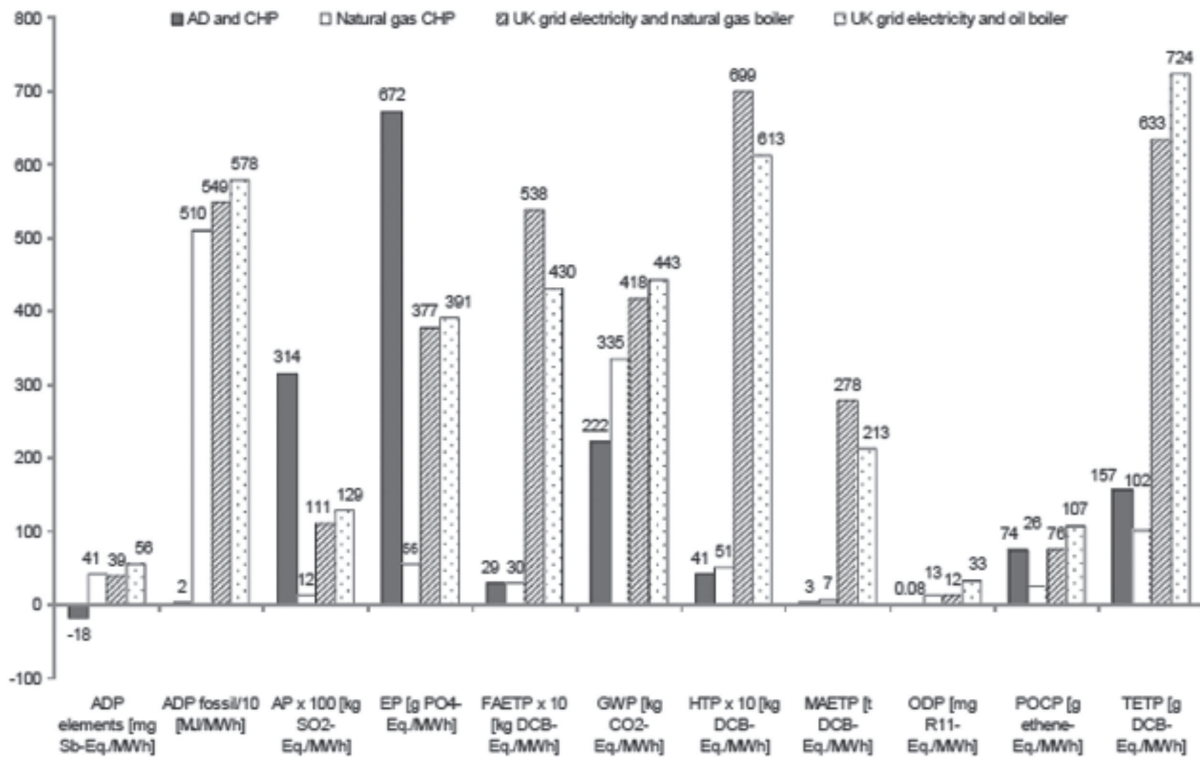


Figura 5. Comparación de efectos sobre once aspectos ambientales, de cuatro escenarios posibles: Planta de cogeneración con biogás, cogeneración con gas natural, energía de la red y una caldera con gas natural y energía de la red y caldera de aceite.

Fuente: (Evangelisti et al., 2014)

4. Análisis de datos

La cogeneración usando el biogás generado en la planta de biogás permite reducir sustancialmente nueve de los once aspectos ambientales, lo que es un escenario preferido, en comparación con los otros tres, donde se generan mayores impactos ambientales.

Estos dos impactos pueden reducirse utilizando el almacenamiento cubierto para el digestato y la recuperación del metano para su uso en la cogeneración. Así técnicas mejoradas para la aplicación de digestores en tierras de cultivo. Sin embargo, Incluso con estas medidas aplicadas, la acidificación y los potenciales de eutrofización siguen siendo mucho mayores que en el escenario

de cogeneración con gas natural (20 y 10 veces, respectivamente). (Evangelisti et al., 2014)

5. Conclusiones

La metodología de ACV, es una herramienta muy poderosa para evaluar los distintos aspectos ambientales, (al menos 11), en distintos proyectos donde exista algún tipo de transformación tecnológica, como lo es este proyecto de co-generación de energía (CHP), a partir de biomasa residual agropecuaria.

En el caso específico de la tecnología de cogeneración CHP con biogás generado a partir de la biomasa generada en la granja permitieron identificar una significativa disminución de la emisión

de gases de efecto invernadero, además de otros ocho aspectos ambientales donde se evaluó la disminución de sus efectos nocivos, esto permitió tomar la decisión de su implementación, en comparación con las otras tres alternativas analizadas.

6. Referencias Bibliográficas

- ACMOR. (10 de 02 de 2017). Energías sustentables: la biomasa. Obtenido de Energías sustentables: la biomasa: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2016/secundario/Carteles/fisicomatematicas/energias.pdf>
- Caviedes, P. (31 de 03 de 2017). Electro Industria. Obtenido de Biomasa primera generación: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=959>
- ECOIL. (24 de 02 de 2016). Analisis del ciclo de vida (ACV). Obtenido de Analisis del ciclo de vida (ACV): http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf
- EPA. (11 de 2014). Anaerobic Digestion. Obtenido de Anaerobic Digestion: www.aae.wisc.edu/aae500/AnaerobicReport.pdf
- HRS. (20 de 08 de 2015). Medioambiental. Obtenido de Medioambiental: <https://www.hrs-heatexchangers.com/es/medioambiental/?gclid=COXeI5-egtMCFVCBkQodn4wOPA>
- López, G. (31 de 03 de 2017). Metanogénesis. Obtenido de Metanogénesis: <https://www.academia.edu/16713734/Metanogenesis>
- Nogués, F. S., García, D., & Rezeau, A. (2010). Energía de la biomasa. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza. España.
- Twenergy. (16 de 01 de 2016). Biocombustibles de segunda generación. Obtenido de Biocombustibles de segunda generación: <https://twenergy.com/a/biocombustibles-de-segunda-generacion-880>
- Williams, A. (2009). Life Cycle Analysis: A step by Step Approach. Illinois, USA: Illinois Sustainable Technology Center.

Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en la cafetería y banco de alimentos Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Characterisation of the organic solid waste produced at the canteen and the food bank at Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central – ETITC

**María Flor Stella Monroy González¹, Fernando Antonio Torres Pérez²,
Semillero de investigación Resolg³**

Resumen

Con la caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en la cafetería y banco de alimentos de la ETITC se pretende identificar los tipos de materiales, calidades y cantidades con el objeto de realizar su aprovechamiento mediante técnicas existentes como la producción de compostaje por método tradicional, por composteras eléctricas y por lombricultura, realizando un comparativo para evaluar la eficiencia de cada uno.

Esta investigación se da en respuesta a orientaciones normativas institucionales y a las necesidades ambientales en materia de buen manejo de los residuos, y puesta en práctica de la acción ambiental, por medio de actividades integrales y efectivas que fortalezcan la convivencia y rentabilidad social, ambiental de la institución y de sus investigadores.

Palabras clave: *Caracterización, residuos sólidos orgánicos, composteras, compostaje*

Abstract

The aim of this research is to identify the types of materials, qualities and quantities through the characterization of organic solid waste produced at the canteen and the food bank at ETITC in order to make good use of it, through existing techniques such as the production of composting by traditional methods, by electric compost bins and by worm farming and at the same time a comparative table to evaluate their efficiency will be conducted.

Research seeks response to this based on institutional normative guidelines and environmental needs in terms of good waste management and its implementation of the environmental action through comprehensive and effective activities that strengthen the coexistence and social and environmental profitability of the institution and its researchers.

Key words: *Characterization, organic solid waste, compost bins, composting*

1 Ingeniera Química. Especialista en Docencia Universitaria. Docente ETITC. Investigadora grupo GEA. Stellamon1961@gmail.com. Mstella@itc.edu.co

2 Ingeniero de procesos Industriales 2006, Estudiante de Maestría en Innovación. investigador integrante grupo GEA, Profesor tiempo completo Planta de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central ftorres@itc.edu.co

3 Semillero de residuos sólidos orgánicos. Edgar Junco Smith. edarjms@gmail.com, Omar Gionanny Martínez Perdomo. sir-giovanny@hotmail.com, Yury Paola Lavacude Díaz. p.lavacude@piarocreativos.com, Yesenia Marcela Ospina Alvarado. marcelaospinaalvarado@gmail.com, Diego Camilo Romero Torres. diegor46@hotmail.com, Diana Marcela Valencia Salcedo. dianam.valencia@hotmail.com, Harold Rodríguez. haroldrodriguez_86@hotmail.com, Luis Eduardo Rojas Avellaneda <le-rojas@hotmail.com>, Alba Daniela Mónica Ballesteros <admonicab@itc.edu.co>, Sneyder Alexis Pava Sanchez. gestionambiental@itc.edu.co

1. Introducción

No tener un buen manejo, tratamiento y aprovechamiento adecuado de los RSO podría generar contaminación en los suelos, aguas subterráneas y cuerpos hídricos superficiales; resultando la disminución de la vida útil del sistema de disposición final además generar una pérdida del valor económico de los materiales desechados y de su potencial de aprovechamiento.

Bajo el contexto institucional, en la ETITC los residuos sólidos orgánicos no son separados y clasificados en la fuente, por lo tanto, son dispuestos de forma inadecuada e ineficiente.

Es por ello que este proyecto tiene como objetivo principal, caracterizar los residuos sólidos orgánicos generados en la cafetería y banco de alimentos de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, para identificar los tipos, la cantidad y la calidad de los mismos. Por otra parte, partiendo del análisis de la revisión bibliográfica con el fin de identificar las diferentes alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, determinar técnicas de compostaje adecuadas a los residuos sólidos orgánicos generados en la ETITC.

2. Referente Teórico

Según la Real Academia de la lengua, caracterizar es determinar los atributos de algo para diferenciarlo claramente de los demás, en éste contexto es que se pretende identificar los residuos que se generan al interior de la Institución mediante una recolección selectiva (uaesp.gov.co, 2016) que consiste en la evaluación de los residuos sólidos separados en las diferentes fuentes de generación o sitio donde se generan los residuos. (uaesp.gov.co, 2016)

Por su parte, los residuos sólidos orgánicos son residuos naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. Entre estos se encuentran: restos de residuos vegetales y alimenticios (cuncho de café), papeles no aptos para reciclaje que no tengan tin-

tas, pasto, hojarasca, estiércol de la cría de animales domésticos, residuos de cosechas, aserrines puros o con mezclas de excretas animales, líquidos biodegradables, madera, y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica. (uaesp.gov.co, 2016), la cual está formada por un conjunto de sustancias, fundamentalmente de origen vegetal, en permanente estado dinámico que se encuentra en distinto grado de descomposición, influyendo en esta, factores biológicos, físicos y químicos. (corazon verde, 2016)

El trabajo se inicia con la separación en la fuente, y es la operación que debe realizar el generador de residuos sólidos para seleccionarlos y almacenarlos en recipientes de diferentes color, según sea: aprovechables, de alimentos o similares, o especiales (Bogota turismo.gov.co, 2016) de tal manera que una vez seleccionados puedan ser pesados, triturados y llevados al ecolaboratorio donde se encuentra el área de compostaje para realizarle mediciones iniciales de humedad temperatura y ph y continuar el control diario de estas variables para llevar registro de su evolución y así iniciar el aprovechamiento, que es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con generación de energía, el compostaje, entre otros. (Bogota turismo.gov.co, 2016).

El compostaje es el conjunto de restos orgánicos que sufren un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, es decir, que en el proceso de fermentación esta esencialmente finalizado. El abono resultante contiene materia orgánica, así como nutrientes: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio e hierro necesarios para la vida de las plantas (corazon verde, 2016). La lombricultura es un proceso similar al compostaje donde en adición a las bacterias y otros microorganismos, el sistema digestivo de la lombriz juega un papel importante, transformando los residuos

orgánicos en abonos de excelente calidad debido a los microorganismos benéficos que le aporta al suelo. (uaesp.gov.co, 2016)

3. Metodología

El desarrollo del proyecto está dividido en tres fases:

FASE 1: Análisis de la revisión bibliográfica. En esta fase se revisan los documentos y normas a nivel nacional e internacional sobre los residuos sólidos orgánicos.

FASE 2: Identificación del tipo, la cantidad y la calidad de los residuos sólidos orgánicos generados en la cafetería de la ETITC. En esta fase se identifica el material (cocido o crudo), si es vegetal o animal y el estado en descomposición que se encuentra, se pesa, se pica y se mide las variables de PH, humedad y temperatura de los residuos sólidos orgánicos generados en la cafetería y banco de alimentos de la ETITC.

FASE 3: Determinación técnicas de compostaje adecuadas a los residuos sólidos orgánicos generados en la ETITC. En esta etapa se lleva todo el material picado al área de compostaje con el fin de realizar pruebas con composteras eléctricas, material con aserrín y lombricultura.

AVANCES:

Se recolectaron en la cafetería y banco de alimentos los residuos sólidos orgánicos generados en su proceso de preparación de alimentos (figura1).



Figura 1 cafetería de la ETITC

Fuente: Semillero de investigación RESOLG

En la cafetería y banco de alimentos de la ETITC se generan cascavas de frutas, tubérculos y hortalizas sin procesar, como se observa en la figura 2

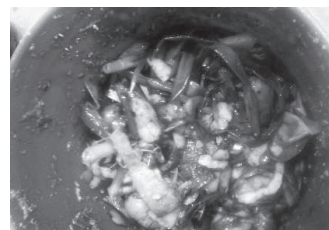


Figura 2. Residuos generados en el banco de alimentos

Se generan aproximadamente 22 kg diarios de residuos sólidos orgánicos en la cafetería y banco de alimentos de la ETITC y se espera aprovechar el 80 % de los mismos, sin emplear residuos cítricos.

Los métodos de comparación empleados son compostaje tradicional, lombricultura y composteras eléctricas, ver figura 3.



Figura 3. Proceso de compostaje en composteras eléctricas

Fuente: Semillero de investigación RESOLG

Durante el primer ensayo de compostaje tradicional se adiciona aserrín, para evitar la proliferación de vectores como moscos y roedores, sin afectar el PH ni la temperatura evolucionando adecuadamente el compost y se utiliza como fuente de maduración, para el siguiente ensayo. En las figuras 4, 5, y 6 se evidencia la toma de variables en el compostaje tradicional.



Figuras 4, 5 y 6 Compostaje tradicional
Fuente: Semillero de investigación RESOLG

4. Resultados

Inicialmente se realizó un compostaje tradicional en tanques que estaban disponibles en el ecolaboratorio, pero no se evidenciaron avances significativos debido a que el material de construcción que es fibra de vidrio impedía que la temperatura de descomposición fuera sensible al material depositado.

Por tanto, se construyeron composteras en madera que mejoraron el proceso de compostaje tradicional, unas composteras para lombricultura y el compostaje realizado en las composteras eléctricas.

La medición permanente de temperatura, Ph, conductividad, humedad, permitió hacer seguimiento a cada una de las fases de la formación de compostaje.

El compostaje obtenido en las composteras eléctricas es rápido y a los 15 días se obtuvieron 8 kg de compostaje que se enviaron a laboratorio especializado para medición de variables fisicoquímicas como PH y humedad y variables microbiológicas como hongos y bacterias.

5. Conclusiones

El material recolectado en la cafetería y banco de alimentos de la ETITC es suficiente en cantidad, calidad y tipo, para realizar la primera fase de un sistema de compostaje que permita suplir las necesidades internas de abono para jardines y zonas verdes.

El cambio realizado en el sistema de composteras, pasar de fibra de vidrio a madera, fue importante para mejorar el sistema de volteo y permitió disminuir el tiempo de maduración de la composta, la cual requiere de 90 días.

En los análisis especializados realizados al compost obtenido de las composteras eléctricas confirmó lo que era evidente en las mediciones y observaciones realizadas por el semillero, referidas al fuerte olor que expelía el compost, la cual es evidencia de un Ph alcalino que para ésta muestra fue de 9, y la presencia de hongo en la muestra. Se realizarán pruebas posteriores aumentando el contenido de aserrín y de bicarbonato a las muestras para mejorar las condiciones de producción de compost.

6. Referencias Bibliográficas

- Bogota turismo.gov.co. (18 de 10 de 2016). *www.bogotaturismo.gov.co*. Obtenido de <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>
- corazon verde. (15 de 10 de 2016). *www.corazon-verde.org*. Obtenido de http://www.corazon-verde.org/ecologia/formacion/jardineria_ecologica/queeselcompost.htm
- GAIAG. (15 de 02 de 2017). *www.gaiag.co*. Obtenido de http://www.gaiag.co/imagenes/FICHA%20T__CNICA%20L__NEA%20DE%20COMPOSTAJE%20GAIAG.pdf
- RAE. (21 de 02 de 2017). *dle.rae.es*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=7OpEEFy>
- uaesp.gov.co. (18 de 10 de 2016). *www.uaesp.gov.co*. Obtenido de http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Eco-diseño y los sistemas de enfriamiento

Eco-design and cooling system

María Dolores Galindo Torres¹

Resumen

La industrialización junto con el crecimiento de la población mundial ha llevado a desarrollos tecnológicos para dar respuesta rápida a las necesidades de la sociedad. Al querer sistemas de refrigeración más seguros, con mejor eficiencia frigorífica, se compromete la estabilidad del medio ambiente al utilizar sustancias químicas como los CFC que agotan la capa de ozono y ponen en peligro la vida en la tierra (Llombai, 2015). Luego de firmar el protocolo de Montreal y las diferentes enmiendas los países miembros están comprometidos vigilar y restringir el uso de sustancias que comprometan el medio ambiente (Sánchez Segura, 2010), los ingenieros deben seguir unas guías para diseñar, instalar y mantener los sistemas de refrigeración y aire acondicionado que no dañen el medio ambiente y hacer sostenible el desarrollo del país.

Palabras clave: *Eco-diseño, refrigerantes, desarrollo sostenible, refrigeración, Aire acondicionado. Coeficiente de rendimiento COP.*

Abstrat

The industrialization along with the growth of the world population has led to technological developments in a quick respond to the social needs. By wanting safer refrigeration systems with better cooling efficiency, the stability of the environment is committed by using chemicals like CFC which deplete the ozone layer and become life threatening on earth (Llombai, 2015). After signing the protocol of Montreal and the different amendments, member countries are committed to monitor and restrict the use of substances that compromise the environment (Sánchez Segura, 2010). That's why engineers must follow a series of guidelines to design, install and maintain refrigeration systems and air conditioning in good conditions in order to not to harm the environment and make the development of the country sustainable.

Key Word: *Eco-design, refrigerants, sustainable development, refrigeration, air conditioning, coefficient of performance*

¹ Magister en Docencia Universidad de la Salle 2011, Ingeniera Mecánica, Universidad Nacional de Colombia 1993 y Licenciada con Especialidad en Física Universidad Distrital Francisco José de Caldas 1989. Profesora tiempo completo planta Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, 2013-2017, Directora grupo de investigación GEA desde jul 2014, Asesora comité técnico 125 ICONTEC, Refrigeración, dgalindo@itc.edu.co.

1. Introducción

Los diseños en ingeniería se deben valorar por su componente de seguridad ambiental, teniendo en cuenta la epistemología de la ingeniería, las normas técnicas, las leyes y los reglamentos sobre la tecnología que están diseñando o seleccionando, se deben formar con los principios del ECO- DISEÑO.

En este artículo se muestra los refrigerantes, sus propiedades térmicas, la clasificación de seguridad, los factores ambientales con los valores para hacer una selección correcta del tipo de refrigerante según el sector de aplicación en el campo de los sistemas de enfriamiento. En algunos casos que no hay suficiente desarrollo tecnológico para usar refrigerantes amigables con el medio ambiente, el ingeniero deberá tomar la decisión de trabajar con sistemas alternativos con una inversión inicial más alta, pero que al final puede amortiguar los costos de la inversión con el plan de beneficios que deberá colocar el gobierno en impuestos, aranceles, de tal manera, que se cumplan con las leyes nacionales en protección del medio ambiente además de lograr los compromisos con el protocolo de Montreal, medidas para controlar la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global, (Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo sostenible y Ministerio de comercio Industria y Turismo, 2012)

2. Los problemas ambientales generados por el uso de refrigerantes sintéticos

Desde el año 1972 cuando Frank Sherwood, Mario Molina y Paul Crutzen, advirtieron que las sustancias clorofluorocarbonadas CFC debilitaban la capa de ozono, posterior verificación en el año 1995 con el premio nobel en Física a los trabajos antes mencionados (Ibeth & Tirado, 2007), 200 países del mundo firmaron los acuerdos de Montreal para terminar el uso de las sustancias que agotan la capa de ozono como las CFC. La industria de refrigeración y aire acondicionado es de las más afectada por estos descubrimientos debido a que el refrige-

rante R12 es un CFC, y las propiedades termodinámicas de esta sustancia en particular, hace que el coeficiente de rendimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionada sea alto COP, dando mayor capacidad de enfriamiento por cantidad de energía entregada a los sistemas de enfriamiento, comparada con otros refrigerantes. .

El Eco-Diseño aplicado a los sistemas de refrigeración comprende diferentes aspectos como la selección de refrigerantes que no destruyan la capa de ozono con un potencial agotamiento de la capa de ozono (siglas en inglés) DOP = 0. Se resolvió el problema de los CFC sustituyéndolos con los refrigerantes HCFC, pero estos últimos tienen un potencial calentamiento global alto (GWP). En el protocolo de Kioto los países industrializados se comprometen a estabilizar las emisiones de gases con efecto invernadero para disminuirla hasta un 5% de las emisiones de 1990 entre los años de 2008 a 2012. De los seis gases de efecto invernadero se encuentran los HCFC, en este grupo está el R22 utilizado en la refrigeración comercial y el aire acondicionado,(PNUMA, 2015). Cuando se van adquirir nuevos equipos se debe tener en cuenta los dos aspectos anteriores ya que al eliminar la producción de esta sustancia también se elimina la producción de equipos y repuestos que trabajen con este tipo sustancias; además, aumentarán los impuestos a las empresas que tengan dentro de sus sistemas de enfriamiento refrigerantes con un alto ODP y GWP , también aumentará el costo de este tipo de refrigerantes, y los aranceles de importación, como medidas para desestimular el uso de estas sustancias, (MADS, 2016).

3. Alternativas de selección de refrigerantes amigables con el medio ambiente

Según el método de obtención de los refrigerantes, se dividen en dos grandes ramas, los que se fabrican y los que se encuentran en la naturaleza, y todos están agrupados según las normas internacionales como la ISO 817-2014 en inflamables y tóxicos según la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de las características de seguridad de los refrigerantes

	BAJA TOXICIDAD	ALTA TOXICIDAD	 RIESGO CRECIENTE: INFLAMABILIDAD
SIN PROPAGACIÓN DE FLAMA (CONSIDERADOS NO INFLAMABLES)	A1	B1	
BAJA FLAMABILIDAD	A2L	B2L	
INFLAMADOR	A2	B2	
ALTA FLAMABILIDAD	A3	B3	
RIESGO CRECIENTE: TOXICIDAD 			

La letra A significa no tóxico en bajas concentraciones y B tóxico y es su concentración debe estar como máximo en 500 partes por millón. El número 1 significa que no es inflamable, 3 altamente inflamable.

Fuente (ISO-817- 2014)

Los refrigerantes naturales con ODP=0 Y GWP<4, son utilizados en Colombia en los sectores de refrigeración industrial: el amoniaco R717 sustituyó el Refrigerante R12 en la década 1990's cuando Colombia firmó el protocolo de Montreal, las medidas de seguridad por toxicidad y flamabilidad son altas, el personal que opera y da servicio es formado especialmente con una calificación alta. En el sector de la refrigeración doméstica la producción de neveras en Colombia se hace con R600a, es uno de los proyectos del Ministerio del Medio Ambiente y Seguridad Social junto con el Ministerio de Industria Comercio para la eliminación del uso de las sustancias con un alto GWP, ya que las metas de eliminación del uso de R12 y las sustancias con un alto ODP se considera cumplida a un 90% para el año 2014. En la Tabla 2 se

muestran los valores de GWP y ODP de los refrigerantes más utilizados en Colombia en sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor.

En los sectores de aire acondicionado doméstico, comercial, de edificios, los refrigerantes usados son el R134a, el R22, R407a, R410a, R507a, se deben encontrar sustitutos, o alternativas de sistemas de refrigeración en cascada, con refrigerante secundario, o sistemas de refrigeración por absorción, en los que se utilicen refrigerantes naturales o mezclas amigables con el medio ambiente. Ese es el compromiso de los ingenieros, tecnólogos y técnicos para no comprometer el medio ambiente en el caso de las sustancias con efecto invernadero y que debiliten la capa de ozono.

24

Tabla 2: Valores de ODP y GWP para los refrigerantes más utilizados en Colombia y los posibles sustitutos en estudio. Coeficientes de Rendimiento COP para sistemas de expansión directa utilizando los refrigerantes de la tabla.

Refrigerante	Clasificación de seguridad ^B	ODP ^B	GWP (100 yr ITH) ^B	COP Te=10°C ^A	COP Te=-10°C ^A	COP Te=-25°C ^A
R12	A1	1,000	10900	6,767	3,290	2,191
R22	A1	0,055	1810	6,626	3,232	2,161
R134a	A1	0	1430	6,702	3,228	2,136
R290	A3	0	3,3	6,608	3,179	2,100
R404a	A1	0	3920	6,217	2,936	1,906
R407c	A1	0	1770	6,467	3,145	2,087
R410a	A1	0	2090	6,323	3,072	2,046

Refrigerante	Clasificación de seguridad ^B	ODP ^B	GWP (100 yr ITH) ^B	COP Te=10°C ^A	COP Te=-10°C ^A	COP Te=-25°C ^A
R507a	A1	0	3990	6,255	2,961	1,927
R600a	A3	0	~20	6,817	3,255	2,137
R717	B 2L	0	<1	6,751	3,274	2,175
R744	A1	0	1	NA	NA	NA

FUENTE : A Engineering Ecuation Solver, Departamento of Mechanical Engineering , Technical University of Denmark; V1,46, 2001. B Norma Tecnica ISO 817: 2014

La tabla 2 muestra la clasificación por seguridad de los refrigerantes más usados en Colombia, el potencial agotamiento del ozono ODP y el potencial calentamiento global GWP. También muestra los coeficientes de rendimiento (COP) de un circuito de refrigeración en expansión directa funcionando con los refrigerantes mostrados en la tabla; y a tres diferentes temperaturas de evaporación Te y a la misma temperatura de condensación Tc= 35°C.

100 yr ITH = 100 de horizonte de tiempo de integración

4. Coeficiente de rendimiento de refrigerantes y sistemas de refrigeración COP

El coeficiente de rendimiento (coeficiente of performance) es la razón entre potencia frigorífica con la potencia de compresión o en otras palabras es la razón del efecto frigorífico con el trabajo de compresión, entre más alta sea esta razón (mayor que uno), la cantidad de energía que se le debe suministrar al sistema de refrigeración es más baja. En la tabla 2 se muestra el COP de un sistema de refrigeración de expansión directa con los refrigerantes más usados en el país y los posibles sustitutos, también se ve que en la medida que la temperatura de evaporación disminuye, disminuye el COP.

Las temperaturas de evaporación para los diferentes sectores de aire acondicionado, refrigeración, almacenamiento de la mayoría de productos congelados son las tomadas en la tabla 2 , como se puede analizar, entre más baja la temperatura el COP disminuye, por lo tanto se debe entregar mayor energía al sistema de refrigeración para obtener la misma capacidad frigorífica, para los cálculos mostrado se tomó 10 Kw de capacidad de enfriamiento. Cuando se estén diseñando los sistemas se debe tener en cuenta el sector de aplicación, para no fijar las temperaturas de control muy bajas, que no se requieran y aumenten el consumo de energía.

En los sistemas de aire acondicionado de Colombia hay muchos funcionando con R22, comparando el COP a 10°C con el refrigerante R410a es mayor el de R22 en un 4,57 %, y con los datos de GWP=2090 del R410a, se muestra entonces que el ultimo no es un buen sustituto del R22, en definitiva, es mejor esperar las recomendaciones del Ministerio del Medio Ambiente para hacer la sustitución de equipos o refrigerantes en aire acondicionado.

Las neveras de uso doméstico, se fabrican en Colombia con R600a y según estudios de los principales fabricantes de estos equipos en Colombia ofrecen un COP de más de 4,(Isaza, 2015), lo que implica una reducción del consumo energético en los hogares de hasta del 40%, frente a las neveras de al menos diez años que funcionan con R134a con un GWP=1430, el cual se debe dejar de usar por el calentamiento global.

En la refrigeración comercial se usa en mayor porcentaje el R22 y el R507, por la facilidad del manejo de estos refrigerantes, aun no se ha desarrollado una tecnología con refrigerantes amigables con el medio ambiente que sean lo suficientemente probadas en Colombia, los sustitutos naturales serán los refrigerantes hidrocarburos R290 y R600a, lo que significa sistemas de refrigeración con mayor seguridad para las personas y bienes debido a la flamabilidad de estos dos refrigerantes, para sistemas nuevos se deberá buscar en el comercio todas

las características mostradas en la tabla 2. Y con los sistemas ya instalados se debe hacer rutinas de mantenimiento de tal forma que las emisiones de Gases tipo HCFC, CFC, que tienen un alto GWP y el ODP > 0 sean mínimas y controladas según las normas nacionales. Otra alternativa es utilizar sistemas con CO₂ transcrito ya que los fabricantes de equipos de refrigeración para grandes superficies, refrigeración comercial, han desarrollado esta tecnología; en Europa y Asia esta estandariza. El gobierno deberá suavizar los impuestos y los aranceles como ya lo hizo para eliminar el uso de los CFC en todos sectores de la refrigeración y el aire acondicionado (Sánchez Segura, 2010).

La industria desde hace más de un siglo está usando sistemas centrales con refrigerante R717 Amónico, lo que se generalizó en la década de los 1990's con las medidas tomadas por el gobierno, las grandes instalaciones con este tipo de refrigerante han ayudado al desarrollo sostenible del país y el planeta, además, pronto saldrá la norma técnica colombiana, que regulará el diseño, instalación, seguridad y mantenimiento de estas plantas.

5. Conclusiones

Los ingenieros deben actualizarse continuamente en las sustancias que son utilizadas como refrigerantes para que los diseños sean amigables con el medio ambiente.

El coeficiente de rendimiento de un sistema de refrigeración debe evaluarse por el tipo de refrigerante, las temperaturas de evaporación y condensación.

Se debe hacer una correcta selección del sistema de refrigeración para cada sector de la industria y el aire acondicionado porque dependiendo de la aplicación y la carga térmica se seleccionarán los sistemas de expansión directa, sistema inundado, sistema recirculado, o para el CO₂ sistemas transcritos. Esta selección permitirá ver las oportunidades de usar refrigerantes naturales, además disminuir los consumos de energía.

Cuando las diferencias entre las temperaturas de evaporación y condensación sean muy altas (ver tabla 2), la cantidad de energía a suministrar aumentará, se deberá diseñar sistemas en dos etapas o en cascada, lo que permitirá ahorros energéticos desde el 21%, aumentando el coeficiente de rendimiento del sistema COP.

6. Referencias bibliográficas

- Ibeth, X., & Tirado, S. (2007). Implementación del Protocolo de Montreal en Colombia. *Produccion + Limpia*, 2, 15. Retrieved from http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/523/1/PL_V2_N1_p091-105_protocolo_montreal.pdf
- Isaza, C. (2015). Análisis comparativo de sistemas de refrigeración doméstica utilizando refrigerantes R600a y R134a. *Investigación Tecnología Y Ciencia; Jara Cobos Nelson*, 9. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Nelson_Jara/publication/304627433_Analisis_comparativo_de_sistemas_de_refrigeracion_domestica_utilizando_refrigerantes_R600a_y_R134a/links/57755af908ae1b18a7dfde95.pdf
- ISO. (2014). Refrigerants-Designation and Safety Classification ISO 817-2014.
- Llombai, I. E. S. (2015). Panorámica Actual de los Refrigerantes. In U. J.-I. De (Ed.), *PAnprama Actual de los Refrigerantes* (p. 64). Valencia.
- MADS. (2016). Política Nacional de Cambio Climático, 130. Retrieved from http://www.andi.com.co/Ambiental/SiteAssets/PNCC_Versión_21072016.pdf
- PNUMA. (2015). *Normas Internacionales de Refrigeración y Aire Acondicionado*.
- Sánchez Segura, J. E. (2010). *OZONO. Ministerio del Medio Ambiente*. Bogotá.
- TECHNICAL-UNIVERSIT-THE-DEMNNARK. (2001). COOLPACK.

Impacto de la metrología óptica en el medio ambiente

Impact of optical metrology in the environment

Dra. C. Myriam Herrera Paloma¹

Ing. M. Sc. Alfonso Pulido León²

Resumen

se presentan temas motivo de investigación del eje temático Metrología Óptica aplicada a la Industria del grupo de investigación PRODIGIO, Procesamiento óptico y digital de imágenes, de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, resaltando las propiedades ópticas, ondulatoria, corpuscular y fotónica de la luz, aplicables para el estudio de la interacción de ella con la materia, leyendo información de la emisión y absorción de la intensidad lumínica, para el análisis de procesos industriales y de materiales, utilizando fuentes de energía fotónica. El grupo realiza investigación y asesoría orientada al desarrollo científico, a la apropiación e innovación tecnológicas con un trabajo entre varias áreas del saber que propende por la utilización eficiente de la energía eléctrica, un profundo respeto y preocupación por el medio ambiente natural, técnico y social.

Palabras clave: Metrología, laser, sensores, fotónica.

Abstract

Arise issues because of the thematic axis metrology optics research applied to industry the research group PRODIGIO, optical processing and digital images, from Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, highlighting the optical properties, wave, particle and photon of light, applicable to the study of the interaction of it with matter, reading information from the emission and absorption of light intensity for the analysis of industrial processes and materials, using sources of photon energy. The group carries out research and consultancy focused on scientific development, technological work between various areas of knowledge that tends to the efficient use of electric power, a deep respect and concern for the environment natural, technical and social innovation to the appropriation.

Key words: Metrology, laser, sensors, photonics.

1 Directora grupo de investigación PRODIGIO Docente de cátedra de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central mherrera@itc.edu.co

2 Coinvestigador grupo PRODIGIO Docente tiempo completo de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central apulido@itc.edu.co

1. Introducción

El grupo de investigación PRODIGIO, Procesamiento óptico y digital de imágenes, de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, desarrolla un eje temático sobre Metrología óptica aplicada a la industria, en el campo de la interacción de la luz con la materiales, siendo uno de los Ensayos No Destructivos, END, que aplica las propiedades ondulatoria, fotónica, los fenómenos de la luz, para luego realizar un procesamiento óptico digital, utilizando algoritmos y descriptores ópticos, que permitan un estudio de la información contenida en las imágenes.

La investigación en el campo de los END ópticos, ha permitido obtener información de procesos industriales de forma confiable, utilizando la luz policromática, la luz coherente, la energía solar, la emisión y absorción de la luz con sus propiedades físicas, comportamiento ondulatorio, corpuscular y fotónico. La metrología óptica, es un END Óptico amigable con el medio ambiente, ya que utiliza la energía lumínica en sus diferentes longitudes de onda, para obtener información de un proceso industrial.

Es de conocimiento en el medio industrial que son variados los END, como el trabajo con ultrasonidos, Rayos X, Resonancia Magnética, entre otros; este análisis se puede hacer con procedimientos muy variados con diferentes ventajas y desventajas; el método perfecto no existe, por lo que los investigadores en este campo siguen buscando nuevos métodos que permitan aumentar no solamente la precisión sino también la confiabilidad (Malacara, 2005).

2. Desarrollo de procesos metrológicos ópticos de aplicación industrial

Dentro de los END, se ha utilizado la tecnología infrarroja, TIR, que permite analizar defectos subsuperficiales en diferentes materiales y geometrías, formando parte de métodos versátiles, siendo

utilizados en el mantenimiento y control de calidad en la producción, Apraiz-Imatz, I. (2005). La inspección térmica utilizando radiación infrarroja proveniente de superficies expuestas a cambios de temperatura, entrega información, sin contacto con la superficie, haciendo una evaluación no destructiva ni invasiva. Tiene como principio básico, el control y análisis de diferencias de temperaturas en una superficie o cambios de la temperatura superficial con el tiempo, haciendo uso de los sistemas de medida con infrarrojos; con la utilización de sensores propios para las longitudes de onda del infrarrojo, se localizan defectos o imperfecciones superficiales y de anomalías subsuperficiales.

Para el análisis de los resultados, se utilizan métodos estadísticos, aplicación de estudios comparativos espectrales propios del tratamiento de imágenes, cuyos registros digitales contienen los defectos detectables que pueden ser visibles o deben aplicarse algoritmos y descriptores ópticos para localizarlos con precisión; se utiliza la fusión de conocimientos de la Física térmica, mecánica y óptica principalmente y de las TICs; es un ensayo que aporta significativamente a la inspección de áreas utilizando termografía infrarroja (González D. A., 2006).

Una de los estudios metrológicos utilizando ondas de frecuencia del orden de 10^{14} Hz, es el dispositivo de una fuente de radiación, un diodo LASER, modelo G4T5 de 5 mW de potencia, con salida de luz visible de 630 nm de longitud de onda, según información del fabricante, y luego caracterizado para definir la intensidad en la emisión LASER, con el cual se diseña y construye un instrumento para medir los niveles de concentración de cloro residual, por espectrometría de absorción en el rango del espectro de la radiación visible e infrarrojo cercano, utilizando como reactivo la ORTO, para reaccionar con el ácido hipocloroso (HClO); este es un ion no dissociado del cloro, responsable de la acción bactericida de los compuestos derivados del cloro, no corrosivo ni

cáustico y conocido como un potente desinfectante (Henaó, 2003).

Al hacer el estudio del procedimiento basado en el análisis del espectro, se hace la cuantificación de compuestos conocidos, fundamentados en criterios establecidos por distintos procedimientos regulados por entidades internacionales, quienes definen la normatividad y calidad del agua para consumo humano.

Los estudios efectuados validan la espectrometría como método de análisis y de medición experimental con la interacción entre la materia y la energía radiante, las ondas electromagnéticas que se propagan y transportan energía sin transferencia de materia, permitiendo determinar las características químicas y físicas del agua potable. (Norato, Romero, Herrera, 2015).

El estudio de sistemas fotovoltaicos y su aplicación en la industria son importantes para el desarrollo sostenible del país con un alto compromiso ambiental, con el fin de proteger y hacer uso racional de los recursos finitos como el petróleo que es material base para la fabricación de gasolina, y otros productos derivados como los plásticos, medicamentos, prótesis, lubricantes, pavimentos, pinturas, telas.

El estudio e investigación para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en la industria ayudará al desarrollo y uso de recursos técnicos existentes integrando las fuentes de energías alternativas; para este tema, en el grupo de investigación, se ha realizado un estudio del diseño de un prototipo con las diferentes clases de celdas solares para calcular el espectro de luz visible registrado por cada una de ellas y la potencia generada. Se hacen continuas investigaciones en el conocimiento y desarrollo de proyectos de investigación, en el tema de energía solar fotovoltaica en Colombia con su aprovechamiento en la industria (Riaño, 2015).

En los procesos de desarrollo y producción, existe el cumplimiento de las especificaciones del producto en cualquier industria, para el aseguramiento de la calidad. Por ende la industria requiere verificar sus criterios en campos de magnitudes, temperatura, rugosidad, presión, etc., siendo dependiente del proceso de fabricación, entorno y de la exactitud requerida.

La apreciación del instrumento con el cual se realiza la verificación juega un papel importante, pues de esto depende la exactitud de la medición obtenida y es directamente proporcional al costo del este servicio. Cobra importancia la implementación de nuevas alternativas, que permitan realizar verificaciones que garanticen las especificaciones del producto o pieza fabricada sin afectar la calidad del producto.

Para contribuir al control de la calidad, se presenta una metodología para análisis de la rugosidad, basada en las características superficiales de las imágenes obtenidas con microscopios ópticos, electrónicos, cámaras digitales de sensor CMOS, (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), Semiconductor Complementario de Óxido Metálico, sensor CCD (*Charge Coupled Device*), Dispositivo de Carga Acoplada, como instrumento óptico para registrar las imágenes de superficies metálicas mecanizadas para el reconocimiento de la rugosidad.

Se muestra un método de análisis basado en las características de rugosidad de textura. Las características que describen las texturas y que se utilizan para clasificarlas, provienen de los descriptores ópticos, que también se basan en matrices de co-ocurrencia. Los patrones de rugosidad primaria son evaluados y clasificados de acuerdo con varias propiedades que utilizan los valores de estos descriptores, entre otros, eliminación de ruidos, contraste, brillo. Con las imágenes preprocesadas, se hace el procesamiento digital; son éstas las imágenes, motivo de estudio, utilizando programas computarizados, apli-

cando filtros pasa-bajo, pasa-banda, pasa-alto, segmentación, entre otros descriptores, pues ellas contienen toda la información de la superficie de la pieza metálica que ha sido mecanizada, logrando un sistema de reconocimiento de la rugosidad (González J. , 2016).

3. Conclusiones

Como aporte profesional, se destaca el estímulo y fortalecimiento de la investigación como proceso de aprendizaje, ya que permite establecer contacto entre el conocimiento académico y la realidad tecnológica, es una metodología en la solución problemas y verificación de resultados. El desarrollo de los proyectos permite identificar una problemática social, que favorece la calidad de vida de los seres humanos e invita a proponer y continuar con mecanismos de solución desde las ramas de la metrología.

Los estudios efectuados validan la espectrometría como método de análisis y de medición experimental con la interacción entre la materia y la energía radiante, las ondas electromagnéticas que se propagan y transportan energía sin transferencia de materia, permitiendo determinar las características químicas y físicas de ciertos procesos industriales.

La metrología óptica es una alternativa en el estudio del control de calidad de procesos de la industria; es por esto, que se hace un especial llamado a integrar el grupo de investigación PRODIGIO, como campo de estudio de la óptica aplicada e integrada a varias ramas del saber, donde nuestros futuros ingenieros se van a desempeñar profesionalmente.

4. Referencias Bibliográficas

- Apraiz-Imatz, I., Alonso-Orcajo, F., Gambin, B. (2005). *Diferentes técnicas mediante termografía infrarroja, aplicaciones en la industria aeroespacial*. DYNA, 80(4). 35-38.
- González, D. A. (2006). *Contribuciones a las técnicas no destructivas para evaluación y prueba de procesos y materiales basadas en radiaciones infrarrojas*. Santander, Universidad de Cantabria.: Escuela Técnica Superior de ingenieros industriales y de telecomunicación.
- González, J. (2016). *Caracterización de los acabados superficiales en piezas metálicas planas mecanizadas, utilizando procesamiento de imágenes*. . Bogotá: Proyecto de grado, Ingeniería en Diseño de máquinas y productos industriales, ET ITC.
- Henao, S. S. (2003). Actividad bactericida del ácido hipocloroso. *Facultad de medicina Universidad Nacional*, 136 - 142.
- Malacara, D. (2005). Metrología óptica y sus aplicaciones. *Acta Universitaria, Centro de Investigaciones en Óptica, A. C. Loma Bosque, L VOL. 15 N° 1 - Enero-Abril*.
- Norato Julio Enrique, R. M. (2015). *Aplicación de la espectrometría en la determinación de la concentración del cloro residual en el agua potable utilizada para consumo humano*. CON*CIENCIA TECNO*LOGICA, Tesis de grado de Ingeniería Electromecánica de la ET ITC.
- Riaño, D. W. (2015). *Sistemas fotovoltaicos para uso industrial*. Bogotá: Monografía de grado en Ingeniería Electromecánica, ET ITC.



Medición in situ de cualidades del agua para diseño de dispositivo

In situ measurement of water qualities for a device design

María Flor Stella Monroy González¹
Semillero de Investigación Ser Agua²

Resumen

Medir las cualidades del agua in situ, facilita hacer precisiones sobre la potabilidad de una muestra en lugares de difícil acceso, para mejorar la exactitud de la información en las pruebas de laboratorio, determinando las condiciones fisicoquímicas mínimas que requiere una muestra de agua para ser empleada en las actividades humanas. El sistema consta de unos protocolos de toma de muestras in situ y del manejo de un dispositivo medidor desarrollado mediante proyecto de investigación con los estudiantes del semillero de investigación SER-AGUA del programa de Ingeniería mecatrónica de la ETITC, se parte de dispositivos existentes en el mercado, para observar su funcionamiento con el fin crear un dispositivo mediante ingeniería inversa que sea de bajo costo, fácil manejo, transporte y que permita unificar las variables en un solo dispositivo.

Palabras clave: *Dispositivo, in situ, medición,*

Abstract

The measuring of the quality of water in situ facilitates to make accurately measurements on a sample of the potability of the water in hard-to-access areas to improve the accuracy of information in laboratory tests, determining the minimum physicochemical conditions required by a sample of water to be used in human activities. The system consists of some sampling protocols in situ and the management of a measuring device developed by a research project along with the students of the seedbed research project SER-AGUA of the Mechatronics Engineering professional program at ETITC. The research departs from existent devices in the market, to observe its operation in order to create a device through reverse engineering at a low cost, easy to handle, transport and that allows unifying the variables in a single device.

Key Word: *Device, in situ, measurement*

1 Ingeniera Química. Especialización en Docencia Universitaria. Docente Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, Colombia. stellamon1961@gmail.com. mstella@itc.edu.co

2 Semillero de investigación en Energías Renovables: Jinna Paola Virgüez Muñoz. jinnavirgues@gmail.com, Jhon Jairo Martínez Simbaqueba. john.martinez194@cide.edu.co, Nicoll Dhayana Santamaria Botero. nicolldhayana@hotmail.com, Cristitan David Pardo Prieto. pardoprietoc@yahoo.com, Ana Katerine Prieto Saenz. saenzprieto@gmail.com, Edgar Junco Smith. edarjism@gmail.com, Daniel Munevar. danielmunevar23@gmail.com, Brian Alejandro Corredor Leon. briancorredorleon@gmail.com

1. Introducción

Este trabajo se inició como una propuesta del semillero de investigación SER-AGUA de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central a una problemática que se presentaba con una investigación preliminar acerca de la potabilización del agua obtenida por condensación del aire para la Guajira y San Andrés. La problemática consistía en que una vez obtenidas las pruebas de agua por condensación del aire en esos lugares geográficos, las muestras debían ser transportadas a Bogotá para realizar los respectivos análisis físicoquímicos y bacteriológicos que permitieran determinar la posibilidad de utilizar el agua obtenida por éste método en actividades humanas. Una vez llevadas las muestras a analizar, los laboratorios de análisis solicitaban que se cumpliera con las mínimas normas exigidas para el análisis de agua, que consistían en realizar la tomas de las variables físicoquímicas mínimas in situ como Ph, TDS, conductividad y temperatura, para evitar su alteración con el tiempo de transporte.

En vista de ello, el semillero se dio a la tarea de investigar y encontró que la Organización Mundial de la Salud, en el documento “Guías para la calidad del agua potable”, establece que en mayor o menor medida, el hecho de tomar una muestra y retirarla de su entorno natural la modifica inevitablemente, en función de los parámetros que la afectan. Algunos de ellos pueden considerarse estables en la escala de tiempo en el que trabajamos, pero otros cambian muy rápidamente como temperatura, conductividad, pH, gases disueltos, nitratos, sulfatos, arsénico y minerales tóxicos. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2006)

La temperatura, pH, conductividad, alcalinidad, cloro libre residual y oxígeno disuelto deben medirse sistemáticamente in situ. Si se requiere una compleja preparación de la muestra para el transporte hasta el laboratorio para ciertos análisis químicos (por ejemplo, para As, metales, minerales tóxicos y oligoelementos), es aconsejable que

estos análisis se lleven a cabo in situ, para evitar las complicaciones. Los análisis deben realizarse lo antes posible, antes de 72 horas desde la toma de muestras. (ACF Internacional, 2011).

Por tanto el semillero que tenía la responsabilidad de potabilizar el agua obtenida por condensación del aire, se dio a la tarea de cotizar un dispositivo que midiera las variables físicoquímicas mínimas para realizar las evaluaciones in situ y se encontró que los dispositivos de medición existentes en el mercado tenían costos muy elevados pero, que su diseño no implicaba un conocimiento superior al que ellos tenían como estudiantes de ingeniería mecatrónica. Fue así como se decidió adquirir unos dispositivos de medición de Ph, de conductancia y de temperatura para realizar las pruebas anteriormente mencionadas.

2. Metodología

La metodología seguida pasó por 4 fases. En la primera, referida a estudios exploratorios se consultó sobre la normatividad tanto internacional como nacional referida al control de calidad del agua y a su importancia en las actividades humanas, se estudiaron las variables a controlar en los dispositivos de medición y se realiza salida técnica a una reserva forestal para aprender el manejo tanto de los dispositivos como de la lectura de las variables a analizar. En la fase 2 referida a investigación básica, se diseña un prototipo que tenga la capacidad de medir las variables que permitan determinar si el agua es apta para el consumo humano y el diseño de circuitos de cada una de las variables a trabajar. En la fase 3 de investigación aplicada, se realiza práctica de laboratorio para aprender el manejo de las variables a medir y comprobar los prediseños elaborados, se inicia la construcción de un prototipo que tenga la capacidad de medir las cualidades del agua, se elaboran los protocolos con el respectivo desarrollo de cada uno de los circuitos que serán usados en el prototipo y se realizan tablas con resultados que expliquen paso a paso los avances en el desarrollo

del prototipo. En la fase 4 que está en proceso, y que es la referida a la investigación experimental, se realizaran pruebas con varios tipos de agua, tanto con los dispositivos comerciales como con los prototipos diseñados y construidos por el semillero para verificar su precisión por comparación, para luego definir el sistema de calibración; se elaboran tablas con los datos obtenidos a la hora de realizar pruebas con los diferentes tipos de agua.

3. Fase 1 estudios exploratorios

Calidad del agua

La calidad del agua se define no sólo por sus parámetros físicos, químicos y biológicos, sino también por la naturaleza de su origen, el sistema de abastecimiento empleado y su uso final. Los estándares de calidad del agua dependerán del uso al que vaya a destinarse: consumo humano (para beber, cocinar e higiene personal y doméstica), producción de alimentos (agricultura y ganadería), industria o medio ambiente. Sin embargo, en los programas humanitarios, los indicadores de calidad del agua para consumo humano son los más importantes debido a sus implicaciones en la salud. (ACF Internacional, 2011).

Dispositivos de medición y variables fisicoquímicas

Se seleccionan como variables fisicoquímicas mínimas in situ de la calidad del agua, a: pH, sólidos totales (TDS), la conductividad y la temperatura (Instituto Nacional de Salud, 2011) ya que se pueden determinar y confrontar por análisis cuantitativos en el laboratorio de química general.

PH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la cual en el medio, es decir 7 la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es

ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica.

El nivel de pH tiene un efecto en muchas fases del proceso de tratamiento de las aguas y afecta a la formación de costras de las fuentes de agua. El nivel de pH se puede determinar con varios métodos de análisis, tales como indicadores del color, pH-papel o pH-metros. Según la resolución 2115 de 2007 en Colombia el valor de potencial de hidrógeno del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6.5 y 9.0

Sólidos totales disueltos

Los sólidos totales (STD) son la suma de todos los sólidos disueltos y suspendidos en el agua. Cuando el agua se analiza para los STD se seca la muestra y el residuo se pesa después. STD pueden ser tanto las sustancias orgánicas como inorgánicas, los microorganismos y partículas más grandes como la arena y arcilla. El valor de TDS para un agua potables debe ser inferior a 500ppm.

Conductividad

La conductividad significa la conducción de la energía por los iones. La medida de la conductividad puede proporcionar una visión clara de la concentración de iones en el agua, pues ella es naturalmente resistente a la conducción de la energía. La conducción se expresa en Siemens y se mide con un conductímetro o una célula. (Lenntech, 2015)

Según la resolución 2115 de 2007 en Colombia, el valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microSiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa promedio de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la actividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competente.

Temperatura

Expresa el grado de calor del agua. Existen relaciones entre temperatura, conductividad y pH del agua. La temperatura de un agua potable debe estar entre 10 y 22 °C, fuera de este rango de temperatura, el líquido puede ocasionar problemas gastrointestinales

Primera Salida técnica

La salida se realiza al parque Entre Nubes, los estudiantes del semillero aprenden a manejar los dispositivos de medición y a realizar la lectura de las variables fisicoquímica pH, conductividad, TDS y temperatura, y se toman muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio, esto se observa en las figuras 1,2,3.



Figura 1 medición de PH



Figura 2 Medición de TDS



Figura 3 Disposición de Muestras

Fuente: Semillero SER-AGUA. 2016 Toma de mediciones de agua in situ en el parque Entre Nubes, Bogotá, Colombia

Fase 2. Investigación básica

Diseño de un prototipo que tenga la capacidad de medir las variables fisicoquímicas mínimas que permitan decir si el agua es apta para el consumo humano.

Diseño de circuitos de cada una de las variables fisicoquímicas seleccionadas.

Protocolo 1 : Diseño de circuito con sensor LM 35, el cual puede medir la temperatura del agua

- Efectuar la programación en el software de micro PRO FOR PC
- Diseñar el circuito en el programa de proteus

- Enlazar la programación en el diseño del circuito hecho en proteus

Protocolo 2: Diseñar un circuito que tenga como función la conductividad.

- Se procede a colocar en serie las resistencias de 10KΩ y 100KΩ
- En los extremos de las resistencias se conectan las pinzas, un extremo para cada cable, es decir positivo y negativo
- Se conecta la placa Arduino al circuito por medio de un jumper al nodo en común de las resistencias

- Conectar la tierra con la parte negativa del medidor
- Los puertos de la placa de arduino que se utilizan son: (A0) para la señal y GND para la tierra de las resistencias

Protocolo 3: Diseño de un circuito de medición de Ph

Diagrama esquemático del medidor de pH

El diagrama esquemático simple del circuito medidor de pH, dos baterías de 9 voltios de potencia, un amplificador operacional de alta impedancia de entrada, como un TL082. La sonda de pH del medidor está conectado a la entrada no inversora. La tensión de salida (V out), que es directamente proporcional al pH, se lee con un voltímetro. Esto se puede observar en la figura 4

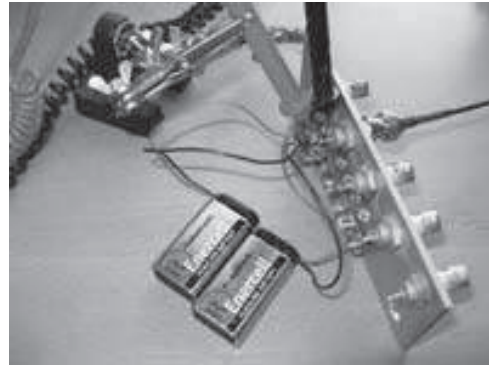


Figura 4 Medidor de PH

Fuente: Semillero SER-AGUA 2016, Bogotá, Colombia

Representación gráfica de los resultados

La figura 5 muestra un gráfico del pH y la tensión en la calibración de la configuración que se describe aquí.

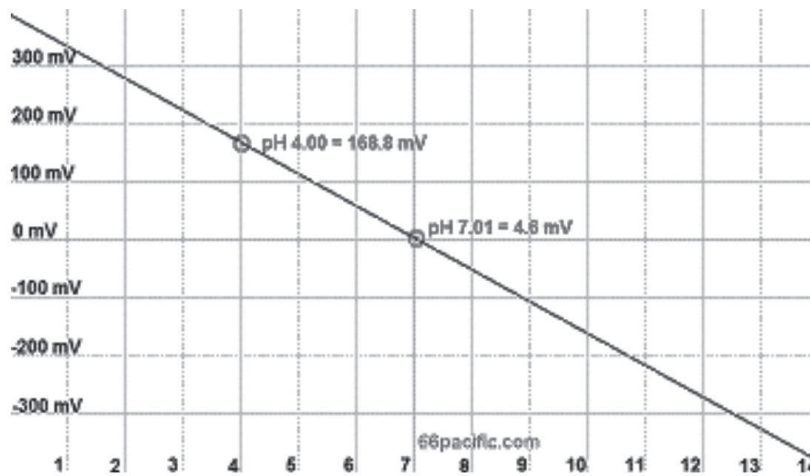


Figura 5 Grafico de Ph y tensión

Fuente: http://www.66pacific.com/ph/images/ph_cal_chart_thumb.GIF

PH Circuito para Arduino

Para conectar una sonda de pH directamente a Arduino, se requiere de una sonda de pH, soluciones de calibración, y el circuito de pH-Stamp. El pH-Stamp, es un completo sistema de monitoreo de pH que le permite controlar con precisión pH sin tener que añadir ningún circui-

to o componentes adicionales para su diseño. La comunicación con el pH-Stamp se hace con 11 órdenes sencillas. Proporciona lecturas de grado científico a cualquier sistema embebido que tiene una interfaz de conexión RS232 (oscilación de voltaje 0-VCC, no +/- 12 voltios). (Descubre arduino. com, 2016)

Fase 3. Investigación aplicada

- Práctica de laboratorio para aprender el manejo conceptual de las variables seleccionadas, probar los dispositivos adquiridos por la Escuela para la investigación y probar los diseños realizados por el semillero.

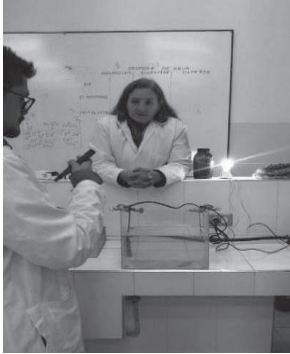


Figura 6 Práctica de laboratorio de Análisis fisicoquímico de variables de medición in situ de la calidad del agua

Fuente: Semillero SER-AGUA 2016, Bogotá, Colombia

Prueba de los diseños construidos en el laboratorio de química, mostrados en las figuras 7, 8, 9, 10

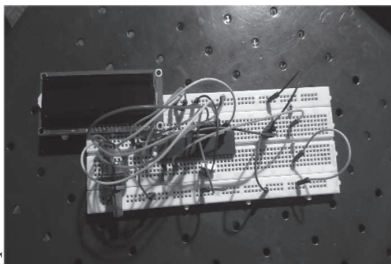


Figura 7. Construcción de prototipo de medición de conductividad



Figura 8 prueba de prototipo construido

Fuente: Semillero SER-AGUA 2016, Bogotá, Colombia

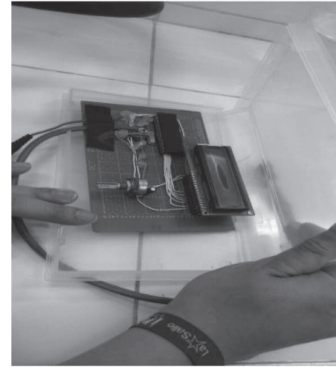


Figura 9. Rediseño de prototipo construido

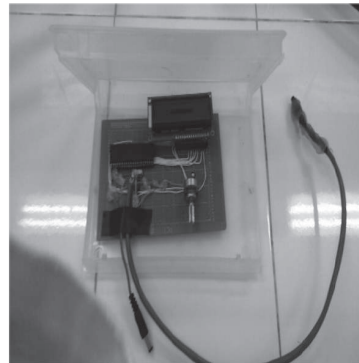


Figura 10. Ensamblaje de prototipo construido

Fuente: Semillero SER-AGUA 2016, Bogotá, Colombia

- Elaboración de protocolos con el respectivo desarrollo de cada uno de los circuitos que serán usados en el prototipo
- Realización de tablas con el resultado que expliquen paso a paso los avances que se tienen al desarrollar el prototipo.

Protocolos y presentación de resultados

Es fundamental guardar y archivar los resultados de los análisis (principalmente si se ha identificado algún riesgo sanitario). Normalmente, se recomienda una hoja para cada lugar analizado. (Instituto Nacional de Salud, 2011)

La información que debe contener incluye:

- Localización general (más datos GPS).

- Fecha de la muestra/análisis.
- Tipo de lugar (río, sondeo, pozo, balsa).
- La persona que realiza la muestra/análisis.
- La tabla completa del análisis.
- Comentarios acerca de la calidad del agua y del lugar.

La tabla completa de análisis contiene tres columnas (se toman tres muestras en cada lugar, esto que es la rutina para los análisis bacteriológicos, debería hacerse extensivo para el análisis de los demás elementos). Los resultados se dan como la media de las tres muestras, el valor máximo y la desviación estándar observada. Si las tres muestras no dan un resultado razonablemente homogéneo, se debe realizar de nuevo el análisis completo (con muestras nuevas), porque la dispersión de resultados se debe probablemente a que las muestras no son representativas o a un error durante el análisis. Es buena práctica registrar y guardar las membranas de filtración en un archivo (en el caso de análisis bacteriológico), para recuperarlos si es necesario comprobar resultados sospechosos.

Fase 4. Investigación experimental

Segunda Salida Técnica

La segunda salida técnica del grupo de investigación GEA y del semillero de investigación SER-AGUA se realizó a la península de La Guajira, allí se probaron todos los equipos que forman parte de la investigación sobre producción de agua a partir de la condensación del agua contenida en el aire. El semillero realizó mediciones in situ de todas las fuentes posibles de suministro de agua para los habitantes de la región como fueron:

1. Agua proveniente de Uribia y transportada en carrotanque empleada para el aseo personal, la cual es almacenada en tanques de cemento a cielo abierto donde es fácilmente conta-

minada por el polvo, la arena, y todo tipo de mugre y de insectos que lleva el viento, tiene un valor de PH de 8.67 medido con sonda de PH y un PH 9.43 medido con dispositivo comercial, TDS: 699ppm y conductancia 1398 milivoltios, datos que se observan en las figura 11, 12,13 y 14



Figura 11. Almacenamiento del Agua llevada desde Uribia



Figura 12 Medición de Ph con sonda de PH del agua almacenada

Fuente: Corredor B, Cabo de la Vela, Colombia



Figura 13. Valor de los TDS medido en el agua de la red de acueducto del cabo de la Vela



Figura 14. Valor de Ph medido en el agua de la red de acueducto del cabo de la Vela con dispositivo comercial

Fuente: Corredor B, Cabo de la Vela, Colombia

2. Agua proveniente del acueducto municipal y llevada a través de tubería residencial empleada para consumo doméstico: el Ph tomado con la sonda de Ph da un valor de 7.66 y con el dispositivo comercial un valor de 9.36, el TDS un valor de 695 ppm para una conductividad de 1390 milivoltios, esto se observa en las figuras 15, 16 y 17



Figura 15. Ph medido con sonda de ph en el agua proveniente de la tubería residencial

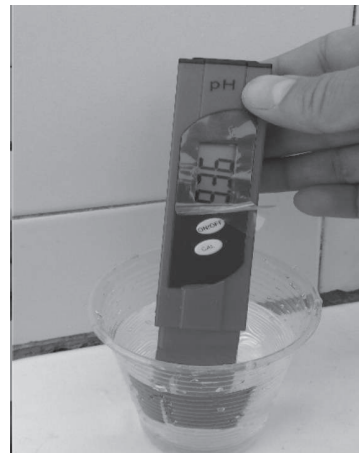


Figura 16. Ph medido con dispositivo comercial en el agua proveniente de la tubería residencial



Figura 17. TDS medido dispositivo comercial en el agua proveniente de la tubería residencial

Fuente: Corredor B, Cabo de la Vela, Colombia

3. Agua de mar empleada para lavado y aseo de pisos y baños: su Ph es 6.64, en el phmetro de sonda de Ph y el phmetro comercial es de 7.67, evidenciándose diferencia significativa en los valores de medición de un equipo a otro; el TDS es de 576 ppm y la conductancia de 1152 milivoltios, esto se observa en las figuras 18, 19 y 20

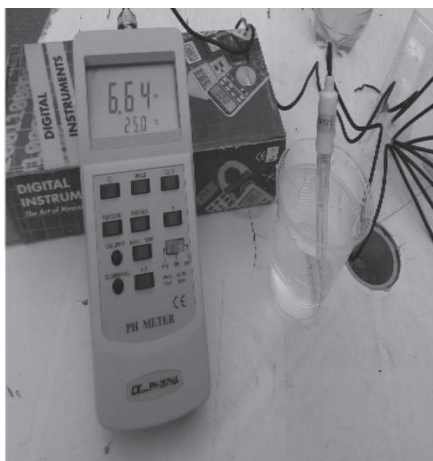


Figura 18. Ph de agua de mar, medida con sonda de pH



Figura 19. Ph con agua de mar, medida con dispositivo Comercial



Figura 20. TDS de agua de mar

Fuente: Corredor B, Cabo de la Vela, Colombia

De acuerdo con los resultados de las mediciones fisicoquímicas in situ del agua, los valores tomados en todas las fuentes de agua superan los valores límites permisibles por el decreto 2115 para agua potable. Igualmente se observa inexactitud en la información suministrada por dos dispositivos diferentes para medir la misma variable, indicando esto que es probable que los dispositivos comerciales no manejen precisión y la sonda de ph que si maneja alta precisión tiene un costo demasiado elevado. Debido a ello es que se decidió en el semillero de investigación SER-AGUA diseñar y construir un dispositivo que permita medir las variables fisicoquímicas in situ por mayor precisión y exactitud que un dispositivo comercial pero a un menor costo que uno de alta precisión

4. Resultados esperados

Se elige, para el diseño del dispositivo de medición de cualidades del agua, el controlador Arduino mega, debido a que la cantidad de entradas análogas y salidas digitales que posee, permite integrar el diseño, en una sola placa, de todas las variables de control del agua. Además, la sonda que permite medir la cualidad del pH del agua, posee un adaptador compatible con la referencia de este Arduino, cosa que no posee el controlador PIC18F4550. Además, el Arduino Mega,

permite una mayor facilidad a la hora de la construcción del dispositivo, ya que no necesita la conexión de elementos extra (en comparación del PIC18F4550) tales como el cristal generador de señal, condensadores, potenciómetro y resistencias, que puedan ocasionar problemas a la hora de soldarlos. (Descubre arduino.com, 2016)

Para la parte del diseño de la variable de temperatura del agua, se usa la placa de Arduino (Arduino UNO para las pruebas iniciales y Arduino Mega para la construcción del dispositivo), un sensor de temperatura LM35, una pantalla LDC 16x2 (16 columnas y 2 filas), un potenciómetro que regulará el contraste de la pantalla, una protoboard y cable para las conexiones.

5. Conclusiones

Medir las variables fisicoquímicas del agua in situ como parámetro mínimo para garantizar la calidad del agua para regiones apartadas de Colombia es un aporte significativo a los laboratorios de análisis del agua ya que éstas variables cambian con el tiempo de reposo durante el transporte de las muestras, sin embargo ésta no es garantía de que el agua por si misma sea potable ya que su calidad depende de las condiciones atmosféricas, ambientales y de salubridad de la región donde se toman las pruebas.

El diseño de un equipo portátil, de bajo costo y preciso, puede contribuir con los estamentos gu-

bernamentales para enseñar a la población a que se responsabilice de las condiciones mínimas de salubridad que debe tener el agua empleada para actividades humanas, en las comunidades que se están interviniendo.

6. Referencias Bibliográficas

ACF Internacional. (2011). *Agua, saneamiento e higiene para las poblaciones en riesgo*. Arís: Hermann.

Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Bogotá: Imprenta Nacional.

Lenntech. (05 de 10 de 2015). www.lenntech.es. Obtenido de <http://www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-agua-faq-calidad-agua>

Organización Mundial de la Salud OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Ginebra, Suiza: OMS.

Resolución 2115 de 22 de junio de 2007. (02 de 10 de 2015). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Obtenido de www.ins.gov.co: <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007,MPS-MAVDT.pdf>



POLÍTICAS DE EDICIÓN

La revista “**LETRAS CONCIENCIA TECNOLÓGICA**” ISSN 1909-9002 es una publicación semestral de tipo académico dedicada a la publicación de resultados de Innovación, Desarrollo Tecnológico e Investigación de la ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL, con un propósito de generar discusiones y divulgación del conocimiento.

Para su publicación se deben cumplir las políticas de clasificación de revistas de ciencia, tecnología o innovación establecidas en el índice Bibliográfico Nacional Publindex de Colciencias.

DERECHOS DE AUTOR: Los autores deben anexar a los artículos los permisos de reproducción de figuras, tablas, fotografías u otra información que requiera del consentimiento de terceros. Cuando la obra sea colectiva, debe presentar prueba de la adquisición del derecho a publicación.

SECCIONES CONSTITUYENTES DE LA REVISTA: Los artículos que se presenten se deben enmarcar en las siguientes secciones de la revista:

Pedagogía de la Tecnología: Considera la presentación de escritos que hagan referencia a metodologías pedagógicas que propicien el conocimiento tecnológico.

Invencción, innovación, desarrollo y transferencia de tecnología: Es un espacio para comunicar los resultados de invención, innovación, desarrollo y transferencia de tecnología que contribuya con el desarrollo cultural y ambiental armónico, viable y sostenible de la sociedad.

Emprendimiento, Gestión y Desarrollo Empresarial: Buscar socializar las experiencias exitosas que en el campo del emprendimiento, gestión y desarrollo empresarial se han realizado y que se consideran relevantes por el buen uso de las capacidades gerenciales y las estrategias tecnológi-

cas, de manera que se conviertan en un ejemplo a seguir.

Tecnologías de Información y Comunicación – TIC: Pretende informar sobre aplicaciones reales de las nuevas tecnología de la Información y comunicación (TIC) que contribuyan con el desarrollo industrial y académico de la sociedad.

Gestión Tecnológica: Busca publicar artículos que expongan metodologías que mejoren la competitividad de las empresas a través de la innovación y la investigación.

TIPOS DE ARTÍCULOS: La revista Letras Con*Ciencia Tecno*Lógica realiza convocatorias semestrales para la recepción de artículos. Los escritos que se presenten deben ser originales, escritos en un lenguaje sencillo, por un autor experto en el campo del conocimiento, un estudiante o un particular que acredite un conocimiento específico sobre el tema abordado. Los tipos de artículos que se reciben son los siguientes:

Artículo de investigación científica y tecnológica: Texto que presenta los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Artículo de reflexión: Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Artículo de revisión: Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Reporte de caso: Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

Revisión de tema: Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.

Cartas al editor: Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité Editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS: La revista Letras Con-Ciencia TecnoLógica recibe únicamente textos inéditos, es decir que no se hayan publicado en otro medio impreso o virtual, ni estén en revisión para publicarse en otro estamento.

Los artículos se deben enviar al Comité de Editorial de la Revista Letras Con*Ciencia Tecno*Lógica, con carta remisoria firmada por los autores, en la cual exprese “*los autores del artículo titulado xxxx certifican que el texto es inédito y que se presenta exclusivamente para la revista*”, además debe incluir nombres completos de los autores, identificación, número telefónico de contacto, correo electrónico y afiliación institucional.

42

Anexo a la carta debe entregarse copia impresa del artículo y un CD que contenga copia del documento en formato de procesador de texto habilitado para cambios y formato PDF.

El comité editorial confirmará el recibido del texto al correo electrónico del autor y se iniciará el proceso de arbitraje.

PROCESO DE ARBITRAJE: Para la publicación de artículos en la revista Letras Con-Ciencia TecnoLógica se evaluará tanto el contenido del

artículo como sus aportes al conocimiento, respetando que las ideas y contenidos expresados este son responsabilidad exclusiva de los autores. El Comité Editorial revisará cada artículo y decidirá sobre la conveniencia de su publicación, luego lo enviará a pares evaluadores, quienes emitirán un concepto valorativo al respecto, el resultado de esta revisión se informará al autor en un plazo aproximado de tres meses contados a partir de la fecha de recepción del texto. El Comité editorial podrá solicitar modificaciones o ajustes al manuscrito y una vez se tenga el escrito final, se enviará al autor, quien deberá firmar el formato de autorización en que especifica el derecho que tiene la revista Letras Con*Ciencia Tecno*Lógica, y por tanto, la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, de publicar el artículo en la revista, sin ninguna compensación económica o cualquier otro compromiso.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

Los autores interesados en publicar sus artículos en la Revista Letras Con*Ciencia Tecno*Lógica, deberán tener en cuenta los siguientes parámetros.

El texto deberá tener una extensión de 8 a 10 páginas en tamaño carta, todas las márgenes de 2 cms, escritas en fuente Times New Roman de 12 puntos, a doble espacio y a una columna. Se recomienda que sean escritos en tercera persona.

Primera página del artículo:

Todos los artículos deben contener en la primera página lo siguiente:

- Título del artículo que describa el contenido del texto y redactado en máximo 12 palabras
- Nombres y apellidos completos del autor, especificando en pie de página la formación

académica, afiliación institucional y correo electrónico.

- Resumen en español con máximo 120 palabras y escrito en un solo párrafo en el que se explique que propósito y alcance del artículo.
- Descripción de forma de citación del artículo.
- Mínimo tres y máximo diez palabras clave.
- Abstract y key word: Traducción exacta al idioma Inglés de los textos de resumen y Palabras clave.
- Forma de citación del artículo.

Estructura del documento:

El artículo debe contener los siguientes apartados:

- **Introducción:** Apartado que informa al lector de manera precisa las motivaciones del estudio, la justificación, el problema de investigación, el objetivo y los antecedentes y especifica los términos y nomenclaturas que usa el artículo.
- **Desarrollo del tema:** Los artículos de investigación deben incluir: metodología, resultados y discusión. Todos los subtítulos deben nombrarse usando numeración arábiga (1,2,3) y con texto en negrilla.
- **Conclusiones:** Expresa los resultados obtenidos y se resaltan los aportes del artículo al conocimiento.

- **Bibliografía:** Debe incluir publicaciones de los últimos cinco años extraídas de bases de datos bibliográficas o libros, se redactan usando las normas de la American Psychological Association Asociación (APA), según las cuales se debe relacionar los referentes bibliográficos en el texto del artículo citando entre paréntesis el apellido del autor, el año de publicación del libro y la página, a continuación algunos ejemplos: (Extraídos de *NORMAS APA American Psychological Association*) 2001 - 5a edición <http://www.apastyle.org>)

Tablas: Deben realizarse en procesador de tablas de Word, nombrarse en la parte superior con números arábigos de acuerdo a la secuencia del texto y con un encabezado breve y descriptivo sin utilizar negrillas. La información contenida en la tabla no debe repetirse en las figuras y las abreviaturas de unidades de medida deben colocarse entre paréntesis.

Figuras: Las figuras (dibujos, mapas, gráficas de computador y fotografías) deben tener un tamaño máximo de 14 x 5 cm y ser enviadas en archivos independientes, en formato digital como tiff, bmp, jpg o gif, con una resolución mínima de 300 dpi, de manera que permita una reducción del 50% sin pérdida de claridad. Deben enumerarse en la parte inferior con números arábigos de acuerdo a su aparición en el texto e incluir descripción breve y clara.



