

# RIC

## REVISTA DE INICIACIÓN CIENTÍFICA

JOURNAL OF UNDERGRADUATE RESEARCH

Vol. 4 - N.º 2- JULIO - DICIEMBRE 2018

P-ISSN 2412-0464 & E-ISSN 2413-6786



latindex ROAD Directorio



UTP-Ridda<sup>2</sup>

BASE  
Bielefeld Academic Search Engine

Google Académico

OpenAIRE

PKP|INDEX

MENDELEY

Repositorio Centroamericano SIIDCA

# RIC

## REVISTA DE INICIACIÓN CIENTÍFICA

JOURNAL of UNDERGRADUATE RESEARCH

Volumen 4 Num. 2 Jul.- Dic. 2018 P-ISSN 2412-0464 E-ISSN 2413-6786

### Directora del Comité Editorial

Dra. Casilda Saavedra de Madrid

### Comité Editorial

**Dr. Ignacio Chang**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Dr. Humberto Álvarez**

Facultad de Ingeniería Industrial

**Dr. José Rangel**

Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales

**Prof. Tatiana Salgado**

Facultad de Ciencia y Tecnología

**Dr. Arthur James**

Facultad de Ingeniería Mecánica

**Ing. Matías Carrera**

Facultad de Ingeniería Civil

**Mgtr. Danny Murillo**

Repositorio Institucional de Documentos Digitales de Acceso Abierto

### Autoridades

**Ing. Héctor Montemayor Á.**

Rector

**Lic. Alma Urriola de Muñoz**

Vicerrectora Académica

**Dr. Alexis Tejedor de León**

Vicerrector de Investigación, Postgrado y Extensión

**Mgtr. Mauro Destro Stimamiglio**

Vicerrector Administrativo

**Mgtr. Ricardo Reyes**

Secretario General

**Ing. Brenda Serracín de Álvarez**

Coordinadora General de los Centros Regionales

### Decanos

**Dr. Martín Candanedo**

Facultad de Ingeniería Civil

**Ing. Gabriel Flores Barsallo**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Dr. Israel Ruiz**

Facultad de Ingeniería Industrial

**Dr. Julio A. Rodríguez B.**

Facultad de Ingeniería Mecánica

**Dr. Clifton E. Clunie B.**

Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

**Mgtr. Ricardo López**

Facultad de Ingeniería de Ciencias y Tecnología



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

### Directores de Centros de Investigación

**Dr. Ramiro Vargas**

Centro Experimental de Ingeniería

**Dr. José Fábrega**

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas

**Dr. Humberto Álvarez**

Centro de Investigación e Innovación Eléctrica,  
Mecánica y de la Industria

**Dr. Wedleys Tejedor**

Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales

**Dr. Ramfis Miguelena**

Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías de  
la Información y Telecomunicaciones

**Ing. Libia Batista**

Editorial Universitaria

Directora

**Lic. Sandra Siebert**

Mercadeo y Ventas

Dirección de Comunicaciones Estratégicas

**Lic. Sadía Delgado**

Directora

**Lic. Shirley Cedeño**

Jefa de Imprenta

Diseño Gráfico

Diseño Gráfico y Maquetación

RIC: Revista de Iniciación Científica = Journal of undergraduate  
Research. Vol. 4, Nº. 2 (jul.- dic. 2018). – Panamá: Edición  
Tecnológica, 2018

V.; 27 cm  
Semestral  
P-ISSN-2412-0464  
E-ISSN-2413-6786

1. Universidad Tecnológica de Panamá
2. Investigaciones – Publicaciones seriadas
3. Investigación y desarrollo.

## **Cuerpo de Mentores**

<b>Área de investigación de UTP</b>	<b>Revisor / mentor</b>	<b>Facultad, Centro de Investigación o Centro Regional</b>
Agroindustria	Dra. Indira Franco	Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT)
	Dr. Pablo Montero	Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica (CITT)
	Dr. Wedleys Tejedor	Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA)
Biotecnología	Dr. Javier Sánchez Galán	Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA)
	Dra. Miriam Venegas	Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT)
	Dr. Jhonny Correa	Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT)
Energía y Ambiente	Dr. José Fábrega	Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH)
	Dr. Héctor Poveda	Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE)
	Dra. Melisabel Muñoz	Facultad de Ingeniería Civil (FIC)
	Dr. Dorindo Cárdenas	Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE)
Infraestructura	Dr. Ramiro Vargas	Centro Experimental de Ingeniería (CEI)
	Dr. Francisco Grajales	Facultad de Ingeniería Civil (FIC)
	Dr. Alexis Baules	Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH)

Logística y transporte	Dr. Ariel Grey Dr. Jorge Quijada Dra. Milena Gómez	Facultad de Ingeniería Civil (FIC) Facultad de Ingeniería Civil (FIC) Facultad de Ingeniería Industrial (FII)
Robótica, automatización e inteligencia artificial	Dra. Deyka García Dra. Nacarí Marín Dra. Yessica Sáez	Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM) Centro Regional de Azuero
Procesos de manufactura y ciencia de los materiales	Dra. Elida De Obaldía Dr. Abdiel Pino	Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT) Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT)
Tecnología de la información y comunicaciones	Dra. Gisela de Clunie Dr. Jayguer Vásquez Dra. Lineth Alaín	Ingeniería de Sistemas Computacionales (FISC) Ingeniería de Sistemas Computacionales (FISC) Centro Regional de Panamá Oeste
Astronomía (astrofísica)	Dr. Rodney Delgado	Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI)

# RIC

## REVISTA DE INICIACIÓN CIENTÍFICA

JOURNAL OF UNDERGRADUATE RESEARCH

**La RIC**, Revista de Iniciación Científica – *Journal of Undergraduate Research* – es una revista abierta a la difusión, a los intercambios y a los debates de interés de la comunidad universitaria, esencialmente a nivel de pregrado con el objetivo de promover la creación, la expresión y la disseminación de trabajos novedosos y empíricos. En la RIC se publican, prioritariamente trabajos originales relacionados con los temas de ciencias, tecnología e ingeniería, desarrollados por estudiantes de licenciatura, en español, portugués o en inglés, incluyendo resultados de trabajos de términos de grado y otros trabajos de investigación desarrollados en pregrado.

**Revista semestral**, es un proyecto educativo universitario, publicada a partir del 2015, como iniciativa del Ing. Alexis Tejedor De León, PhD, ING-PAED-IGIP, de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Centro Regional de Veraguas de la

Universidad Tecnológica de Panamá, con la finalidad de brindar una oportunidad, única, a los estudiantes universitarios de experimentar plenamente el método científico, a partir del desarrollo de trabajos originales para su publicación y visibilidad internacional, por medio del proceso de revisión por pares.

*The manuscript should be of similar style and structure to that of typical articles published in professional journals.*

Los artículos y trabajos técnicos publicados en la Revista de Iniciación Científica – RIC – *Journal of Undergraduate Research* son de exclusiva propiedad de sus autores. Las opiniones y el contenido de los mismos pertenecen a sus autores, declinando la Universidad Tecnológica de Panamá de toda responsabilidad por los derechos que pudiera derivarse de la lectura y/o interpretación del contenido de los trabajos allí publicados.

# Misión

La RIC, es una revista de estudios, revisiones e investigaciones en ciencia, tecnología e ingeniería, tanto teóricos, como empíricos, que tiene como objetivo divulgar la producción académica universitaria a nivel de pregrado, propiciando el intercambio de informaciones y el debate sobre los principales asuntos y temas emergentes de las áreas. Se da relevancia a la diseminación de los trabajos realizados en universidades nacionales, sin embargo, publicará también estudios provenientes del exterior. Por lo tanto, se invita a cualquier estudiante de licenciatura en las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería a presentar sus manuscritos, y enviarlos a la dirección: revista.ric@utp.ac.pa

## Proceso de revisión

En primer lugar, el Director del Comité Editorial realiza una selección preliminar de los manuscritos sometidos, tomando en consideración la Misión de la RIC.

Los artículos seleccionados se someten y se asignan a uno de los miembros del Comité Editorial de la RIC. Se envían a mentores/ revisores de acuerdo al área de especialidad, los cuales enviarán sus comentarios a uno de los miembros del Comité Editorial, responsable por darle seguimiento al manuscrito designado.

El miembro del Comité Editorial, sintetizará los comentarios y observaciones emitidos por los revisores, y su decisión sobre la publicación del manuscrito, el cual podrá aceptarse tal y como se envió, aceptarse con pequeñas modificaciones, o devolverse con la invitación de que lo vuelva a someter. El autor, en cuestión, atenderá las modificaciones sugeridas. Se podrán llevar a cabo, varias rondas de comentarios, hasta que finalmente el manuscrito se considere adecuado para su publicación.



Dra. Casilda Saavedra de Madrid  
DIRECTORA



## MENSAJE DE LA DIRECTORA

La investigación y publicación de resultados es uno de los pilares de la Universidad. Dentro del proceso de fomento de la cultura de investigación en Panamá, la participación e involucramiento de estudiantes de pregrado es fundamental como semillero de los futuros investigadores del país. La Revista de Iniciación Científica es el espacio propicio para crear la cultura de investigación a través de la publicación de trabajos de tesis, artículos de la Jornada de Iniciación Científica-JIC, artículos de revisión del estado del arte y otros trabajos estudiantiles de investigación. Somos testigos de la experiencia de estudiantes de pregrado que publicaron en la RIC y ahora se sienten en capacidad de escribir y publicar artículos en revistas científicas profesionales. Esta es la misión de la RIC.

Por otro lado, la Universidad Tecnológica sigue avanzando en el proceso de internacionalización de nuestros programas. En el año 2018 recibimos, como parte del Programa “100 K Strong of the Americas”, a 4 estudiantes de la Universidad de Wilkes quienes vinieron con la misión de tener una experiencia de investigación en Panamá y UTP. La experiencia fue exitosa y gratificante, pues producto de esta iniciativa, presentamos en este número 3 artículos, quedando uno pendiente para ser publicado en el siguiente número. Este número consta de 11 artículos con diferentes temáticas. Siete de los artículos corresponden al área de ingeniería ambiental, los cuales tratan temas desde el cambio climático y sus efectos, la contaminación y tratamiento

de las aguas, la contaminación por ruido, hasta el mejoramiento de semillas. Dos artículos se enfocan al área de energía, cubriendo innovaciones en la generación de energía eléctrica y aislamiento térmico de espacios. Finalmente, se presenta un artículo sobre aprovechamiento del caliche en la construcción y un artículo sobre el mejoramiento de la calidad de vida del

adulto mayor a través de alternativa del uso de la tecnología de la información y comunicación.

Aprovechamos para invitar a los profesores y estudiantes de pregrado de UTP a aprovechar esta plataforma para publicar los resultados de las investigaciones que realizan.

Bendiciones,

# RIO

latindex ROAD DIRECTORY OF OPEN ACCESS SCHOLARLY RESOURCES MIAR UTP-Ridda<sup>2</sup> BASE Bielefeld Academic Search Engine

Google Académico OpenAIRE PKP|INDEX MENDELEY Repositorio Centroamericano SIDCA

Vol. 4 - N.º 2- JULIO- DICIEMBRE 2018

P-ISSN 2412-0464 & E-ISSN 2413-6786

## CONTENIDO

- |    |  |  |
|----|--|--|
| 9  | <b>A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF LANDFILLS ON WATER QUALITY: A CASE STUDY OF TWO</b>  | <b>Zarlasht Abubakr<br/>Casilda Saavedra</b>   |
| 14 | <b>EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PAJA CANALERA COMO MATERIAL BIOMÁSICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE GASIFICACIÓN</b>   | <b>Daniel Navarro<br/>Jaime Lay<br/>Orlando Aguilar</b>                                    |
| 19 | <b>MODELO DE INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADOR DE BAJO COSTO COMO MEDIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LAS PERSONAS DE LA TERCERA EDAD</b> | <b>Domingo Valdes-Guevara<br/>Juan Mendoza-Rodriguez<br/>María Yahaira Tejedor-Morales</b> |

<b>26</b>	<b>SISTEMA DE ANÁLISIS ENERGÉTICO Y DE TEMPERATURA DE LAS VENTANAS DE UN AULA DE CLASE CON Y SIN AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	<b>Carvajal, Rolando Robles, Jarol Solís, José Vargas, Jorge Marín, Nacarí</b>
<b>31</b>	<b>SUELO-CEMENTO-CALICHE COMO UNA SOLUCIÓN SUSTENTABLE A PROBLEMAS GEOTÉCNICOS</b>	<b>Luis Aparicio Manuel Campos Genesis de León Traicy Guerra José Gallardo</b>
<b>36</b>	<b>TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LAVADORA</b>	<b>Efraín Sianca Grisneyly Castro Liz Him Marlenys Gómez Fabio Velarde</b>
<b>40</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DEL NEUMÁTICO DE DESECHO Y ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN</b>	<b>Lissette González José Lu Ana Rivera Maritza Cedeño</b>
<b>44</b>	<b>PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE LA SEMILLA ARROZ IDIAP 137 EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO</b>	<b>Crisleys Frías Dayana Ríos Rolando Rodríguez Maritza Cedeño</b>
<b>49</b>	<b>USO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA EL CÁLCULO DE RUIDO EN LAS PRINCIPALES AVENIDAS DE PANAMÁ</b>	<b>Joan Quintero Edwin De Frias Félix Henríquez</b>
<b>57</b>	<b>CLIMATE CHANGE EFFECTS ON EMPEROR PENGUINS</b>	<b>Taibah Alhatem Casilda Saavedra</b>
<b>61</b>	<b>MICROPLASTIC INGESTION: ARE SEABIRDS MORE AFFECTED THAN OTHER MARINE SPECIES?</b>	<b>Khrista Baran Casilda Saavedra</b>

# A comparative analysis of the effects of landfills on water quality: a case study of two locations in New Jersey

## Análisis comparativo de los efectos de los rellenos sanitarios en la calidad del agua: estudio de caso de dos localidades en New Jersey

Zarlasht Abubakr<sup>1</sup>, Casilda Saavedra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Wilkes University, <sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Panamá

**Abstract** Leachate is a liquid generated by mixing of water with organic and inorganic material found in landfills. This liquid accumulates at the bottom of the landfill and has the potential to percolate through the soil to enter groundwater or other water bodies. Leachate contains various contaminants and toxins that can significantly diminish the quality of water it enters, which can become hazardous to humans and the environment. In this article, the water quality of two towns: Egg Harbor and Middle Township, New Jersey were analyzed and compared. Egg Harbor Township has a landfill located within the town, while the closest landfill to Middle Township is approximately 10 miles away. Water supply for both towns comes from the same aquifer, known as the Kirkwood-Cohansey water table system. The water quality results from community wells within Egg Harbor Township were compared to those of Middle Township. Water quality data for this study is from New Jersey American Water database. Based on the results, the water quality of Egg Harbor Township varies significantly from Middle Township. The levels of contaminants in Egg Harbor Township are much higher compared to Middle Township. Therefore, it can be concluded that communities near landfills, even well monitored and managed ones, are prone to have poorer water quality than those farther away from the landfill.

**Keywords** Landfill, Water Quality, Egg Harbor Township, Middle Township, New Jersey State.

**Resumen** El lixiviado es un líquido generado por la mezcla de agua con material orgánico e inorgánico que se encuentra en los rellenos sanitarios. Este líquido se acumula en la parte inferior del relleno sanitario y tiene el potencial de percolarse a través del suelo para ingresar al agua subterránea u otros cuerpos de agua. El lixiviado contiene diversos contaminantes y toxinas que pueden disminuir significativamente la calidad del agua en la que ingresa, lo que puede ser peligroso para los seres humanos y el medio ambiente. En este artículo, se analizó y comparó la calidad del agua de dos ciudades: Egg Harbor y Middle Township, ubicadas en New Jersey. Egg Harbor Township tiene un relleno sanitario ubicado dentro de la ciudad, mientras que el relleno más cercano a Middle Township se encuentra a aproximadamente 10 millas de distancia. El suministro de agua para ambas ciudades proviene del mismo acuífero, conocido como el sistema de nivel freático de Kirkwood-Cohansey. Los resultados de la calidad del agua de los pozos comunitarios en Egg Harbor Township se compararon con los de Middle Township. Los datos de calidad del agua para este estudio provienen de la base de datos de New Jersey American Water. Según los resultados, la calidad del agua de Egg Harbor Township varía significativamente de la de Middle Township. Los niveles de contaminantes en Egg Harbor Township son mucho más altos en comparación con Middle Township. Por lo tanto, se puede concluir que las comunidades cercanas a los vertederos, incluso las que están bien monitoreadas y gestionadas, tienden a tener una calidad de agua más pobre que las que están más lejos del relleno sanitario.

**Palabras clave** Relleno sanitario, calidad de agua, Egg Harbor, Middle Township, Estado de New Jersey.

\* Corresponding Author: casilda.saavedra@utp.ac.pa

## 1. Introduction

### 1.1 Site information

A landfill is a designated site that is used to bury various solid waste materials. As time progresses, the waste that is buried in the landfill decomposes and produces gases such as

methane. Various weather conditions such as snow and precipitation seep through the landfill cover and form toxic soot with the waste, which is known as leachate [1]. If the landfill is not properly monitored or managed, the waste products can enter the air, soil, surface and subsurface water

bodies and create environmental and health problems [2]. The focus of this research is to analyze water quality data of potable groundwater supply to residential areas near and farther away from a landfill. It is hypothesized that the water quality of residential areas near operating or closed landfills are diminished due to close proximity and possible leachate percolation to groundwater compared to residential areas farther away from a landfill.

The two residential towns that will be analyzed include Egg Harbor Township located in Atlantic County, New Jersey, and Middle Township located in Cape May County, New Jersey. The Egg Harbor Township consists of an operating landfill known as the ACUA Landfill, which accepts various waste such as animal waste, non-friable asbestos, construction and demolition waste, carpet material, contaminated soil, dry industrial waste, asphalt, concrete, municipal solid waste, ash, recyclables, sludge, tires from trucks and tractor, and wood [3]. This town’s water supply comes from a public community water system consisting of 23 wells, which comes from an 800-foot sand aquifer known as the Kirkwood-Cohansey water table system [4].

Middle Township does not have a landfill located within the town. In fact, the closest landfill is approximately 10 miles away from the town, known as the CMCMUA Landfill [3]. The water supply system for this town comes from 3 wells and 1 purchased groundwater source known as the Wildwood Water. The well water comes from the same 800-foot sand aquifer, Kirkwood-Cohansey water table system, which also supplies the Egg Harbor Township [4].

### 1.2 Water quality parameter standards

Table 1 summarizes a list of contaminants that are addressed in this article and their Maximum Contaminant Level allowed in drinking water supplies, defined by U.S. Environmental Protection Agency (EPA) [5].

**Table 1.** Maximum Contaminant Level Allowed by EPA for Each Parameter

Parameter	MCL
Chlorine (ppm)	4
Copper (ppm)	1.3
Chromium (ppb)	100
Fluoride (ppm)	4
Iron (ppm)	0.3
Lead (ppb)	15
Manganese (ppm)	0.05
Mercury (ppb)	2
Nickel (ppb)	100
Nitrate (ppm)	10
Sodium (ppm)	50

\*\*MCL: Maximum Contaminant Level.

### 1.3 Contaminants of concern

The common contaminants that were analyzed in this article include chlorine, copper, fluoride, iron, lead, nitrate, and sodium. Chlorine has a maximum contaminant level of 4 ppm, defined by EPA [5]. Chlorine is added to water as a disinfectant. Exceeding the limit in drinking water can cause eye and nose irritation, as well as stomach discomfort [5].

The EPA action level for copper is 1.3 ppm [5]. The presence of copper in water is an indicator of waste generated from various industrial activities. Excess copper in drinking water can cause digestive distress, liver and kidney damage, and anemia [5].

Furthermore, EPA has set a maximum contaminant level of 4 ppm for fluoride in drinking water [1]. Excess fluoride levels in water can cause bone disease and mottled teeth in children [1].

Iron has a maximum contaminant level of 0.3 ppm that is allowed in drinking water supplies [5]. If this level is surpassed, it can create a discoloration and bitter taste in water. Iron can occur naturally in water bodies from sediments and rocks, or it can be added by anthropogenic activities such as mining, industrial waste or corroding metal [5].

Additionally, lead is an important parameter to constantly monitor because it can cause many adverse health effects to humans including low blood cell count, physical and mental abnormalities in children, blood pressure fluctuation in adults and more. The action level for lead defined by EPA is 15 ppb [5].

The maximum concentration of nitrate allowed in drinking water is 10 ppm [5]. Nitrate occurs in water naturally, however, highest levels are found in groundwater under extensively developed areas. It can enter a water body through the use of fertilizers, leachate from landfills, open dumpsites or sewage. An excess amount of nitrogen can cause blue baby disease, which affects the oxygen-carrying capacity of the blood [5].

The standard range of sodium allowed in drinking water is between 30 to 60 ppm. Exceeding this range can be a health risk for individuals on a low sodium diet.

### 1.4 Typical water quality information for the sites

Typical water quality data obtained from New Jersey American Water for both Egg Harbor Township and Middle Township lists the following parameters: pH, total hardness, fluoride, sodium, iron, manganese, lead, copper, nitrate, arsenic, and chromium (see table 2 and table 3) [4].

**Table 2.** Typical Water Quality Information for Egg Harbor Township Located in Atlantic County, New Jersey

Parameter	Average	MCL
pH	6.6 - 7.9	---
Total Hardness	31 - 100 ppm	---
Fluoride	ND - 0.2 ppm	4.0 ppm
Sodium	4.8 to 69.4 ppm	N/A

<i>Iron</i>	ND - 0.72 ppm	0.3 ppm
<i>Manganese</i>	ND - 0.04 ppm	0.05 ppm
<i>Lead</i>	4 ppb	15 ppb
<i>Copper</i>	0.392 - 0.411 ppm	1.3 ppm
<i>Nitrate</i>	ND - 3.63 ppm	10 ppm
<i>Arsenic</i>	ND	5 ppb
<i>Chromium</i>	ND - 0.26 ppb	100 ppb

\*\* ND – Not Detected.

**Table 3.** Typical Water Quality Information for Middle Township Located in Cape May County, New Jersey

Parameter	Average	MCL
<i>pH</i>	7.19 - 8.36	---
<i>Total Hardness</i>	47 - 61 ppm	---
<i>Fluoride</i>	ND - 0.2 ppm	4.0 ppm
<i>Sodium</i>	9.14 - 67.6 ppm	N/A
<i>Iron</i>	ND - 0.42 ppm	0.3 ppm
<i>Manganese</i>	ND - 0.05 ppm	0.05 ppm
<i>Lead</i>	2 ppb	15 ppb
<i>Copper</i>	0.125 ppm	1.3 ppm
<i>Nitrate</i>	ND - 0.02 ppm	10 ppm
<i>Arsenic</i>	ND	5 ppb
<i>Chromium</i>	ND	100 ppb

The average pH range in Egg Harbor Township water is between 6.6 and 7.9. The standard range for pH required by U.S. Environmental Protection Agency (EPA) for drinking water is within 6.5 to 8.5 [5]. Therefore, this site meets the standard for pH. The average pH range for Middle Township is between 7.19 and 8.36, which also falls in the range required by EPA.

Hardness in water can decrease the effectiveness of soap and other detergents, as well as increase scale formation in heaters and boilers. The total hardness for the Egg Harbor Township is between 31 to 100 mg/L as CaCO<sub>3</sub>. This indicates that the water ranges from soft to moderately hard [5]. This facility must take additional steps to reduce hardness in the drinking water to avoid these problems. Moreover, the total hardness in Middle Township water supplies ranges between 47 and 61 mg/L as CaCO<sub>3</sub>, which would be considered as soft water by EPA [5].

Excess manganese in water can cause discoloration, staining, and metallic taste [5]. It can occur in drinking water from natural sources such as soil and rocks or added to groundwater through underground pollution such as leachate percolation. A maximum level of manganese allowed in drinking water is 0.05 ppm [5]. The average level of manganese for Egg Harbor Township ranges from “not detected” to 0.04 mg/L, while in Middle Township, it ranges from “not detected” to 0.05 mg/L. This suggests that both sites have high manganese content that could be due to the geology

of the area or possibility of groundwater pollution (see table 2 and table 3).

Arsenic can be used as an indicator of groundwater contamination from leachate percolation, but New Jersey American Water did not provide data for the typical concentration of arsenic in either one of these sites. However, chromium is typically detected in Egg Harbor Township in levels of up to 7.3 ppb. Although the highest concentration detected level is below the standard of 100 ppb [5], continuous exposure can cause severe health effects on skin and possibly other parts of the body. Moreover, the presence of chromium in water can be linked to leachate percolation or inadequate industrial waste disposal practices in Egg Harbor Township.

## 2. Methodology

### 2.1 Databases

- ◆ Water quality data for Egg Harbor Township and Middle Township was collected from New Jersey American Water.
- ◆ Data for health effects of contaminants was obtained from the U.S. Environmental Protection Agency.
- ◆ Data for parameter standards were obtained from the U.S. Environmental Protection Agency.
- ◆ Annual water quality data for 2014, 2015, and 2016 for Egg Harbor Township and Middle Township was collected from New Jersey American Water.
- ◆ Water quality data was analyzed with reference to the Standards for the US, but also a comparative analysis was done of the conditions for the two towns included in this study.

## 2. Results

**Table 4.** Annual Water Quality Information for Treated Water Supply of Egg Harbor Township and Middle Township, New Jersey

Parameter	HDL Year	Egg Harbor Township	Middle Township	Percent Difference (%)
<i>Chlorine (ppm)</i>	2014	0.62	0.62	0.00
	2015	0.73	0.67	8.57
	2016	0.76	0.74	2.67
<i>Copper (ppm)</i>	2014	0.354	0.087	121.09
	2015	0.354	0.086	121.82
	2016	0.354	0.086	121.82
<i>Fluoride (ppm)</i>	2014	0.16	0.26	-47.62
	2015	0.16	0.2	-22.22
	2016	0.16	0.2	-22.22
<i>Iron (ppm)</i>	2014	0.76	0.43	55.46
	2015	0.4	0.42	-4.88
	2016	0.23	0.42	-58.46

Lead (ppb)	2014	2	2	0.00
	2015	2	1	66.67
	2016	2	1	66.67
Nitrate (ppm)	2014	3.29	0.01	198.79
	2015	3.38	0.01	198.82
	2016	3.34	0.01	198.81
Sodium (ppm)	2014	55.7	63	-12.30
	2015	74.1	66.6	10.66
	2016	68.6	67.1	2.21

\*\*HLD: Highest Level Detected.

Percent Difference between parameters of the two sites was calculated. Figure 1 shows the water quality values for a period of three years for Egg Harbor Township, New Jersey, while figure 2 shows the same information for Middle Township, New Jersey.

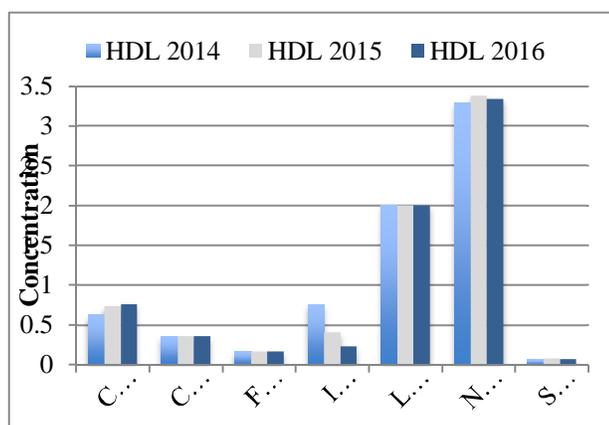


Figure 1. Summary of parameters' highest detected levels over the three-year period for Egg Harbor Township, New Jersey.

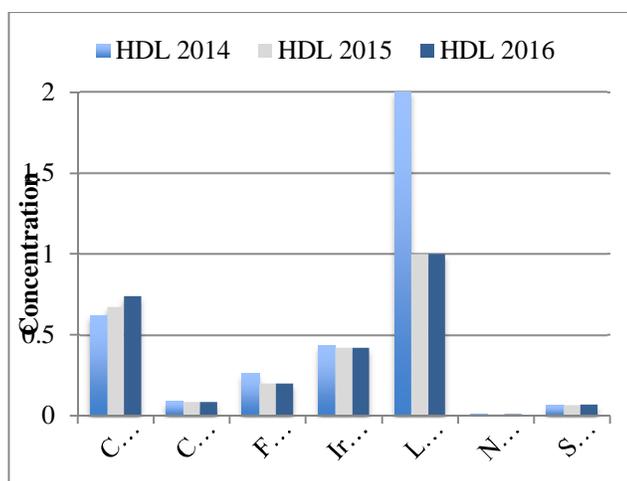


Figure 2. Summary of parameters' highest detected levels over the three-year period for Middle Township, New Jersey.

Table 5. Additional Parameters Measured Annually for Treated Water Supply in Egg Harbor Township

Parameter	HDL Year	Egg Harbor Township
Barium (ppm)	2014	0.2
	2015	0.2
	2016	0.2
Chromium (ppb)	2014	7.3
	2015	7.3
	2016	7.3
Manganese (ppm)	2014	0.081
	2015	0.026
	2016	0.011
Mercury (ppb)	2014	0.5
	2015	0.5
	2016	0.5
Nickel (ppb)	2014	7
	2015	7
	2016	7

## 4. Discussions

The contaminants of concern listed in table 4 were the main focus in data analysis of this article. During the three-year period, the chlorine concentration increased from 0.62 to 0.76 in Egg Harbor Township, and from 0.62 to 0.72 in Middle Township (see table 4). This indicates that the use of chlorine to disinfect water increased for both sites.

Over the three-year period, the copper concentration in Egg Harbor Township remained at 0.354 ppm, while water in Middle Township decreased in concentration from 0.087 to 0.086 ppm. Although both sites meet the standard set for copper, taking steps to reduce their amount in drinking water prevents accumulation of these harmful metals in the body that can cause damage over time.

Both of the sites meet the standard set for fluoride since the concentrations over the three years for this parameter was very low for both sites. Therefore, the potential adverse health effects that can be caused by elevated fluoride levels can be disregarded and no further action is required to reduce these levels.

Furthermore, Egg Harbor Township has a typical maximum iron concentration of 0.72 ppm (see table 2). The iron concentration in this site can exceed the standard by more than two folds, which suggests that there may be sources near this drinking water supply that contributes to the elevated levels of iron. Since a landfill and a Superfund site are located in the Egg Harbor Township, they can be contributing to the

elevated levels of iron in the drinking water. Moreover, the landfill accepts various wastes, including industrial and municipal solid waste that can contain materials rich in iron. This can also indicate possible groundwater contamination from leachate generated in the operating landfill and the Superfund site. The typical maximum iron concentration for Middle Township is 0.42 ppm, which also exceeds the standard.

The typical concentration of lead in Egg Harbor Township water is 4 ppb (see table 2), whereas the Middle Township has a typical concentration of 2 ppb (see table 3). The action level for lead is 15 ppb, but when it comes to drinking water, it is highly preferable for lead concentration to be insignificant. Lead has the potential to accumulate in an individual's body and cause health problems over time. The presence of higher amount of lead in Egg Harbor Township could be due to a close proximity of the ACUA landfill and a Superfund site to the town, hence affecting its water resources.

The maximum typical nitrate concentration is 3.63 ppm in Egg Harbor Township water supplies, while in Middle Township, it ranges from "not detected" to 0.02 ppm. Both sites maintain values under the standard level, but Egg Harbor Township has a much higher nitrate level. In order to prevent the harmful effects of elevated nitrate over time, it would be ideal to make the allowable nitrate levels stricter for Egg Harbor Township water supplies.

The Egg Harbor Township water typically contains an average sodium concentration range of 4.8 to 69.4 ppm, and the Middle Township ranges between 9.14 to 67.6 mg/L. Both sites sometimes exceed the maximum contaminant level set by the EPA, which can be a health risk for individuals on a low sodium diet.

The three-year average data closely match the typical levels listed for all of these parameters. However, there are several parameters that were measured in the 3-year annual period for Egg Harbor Township, which include barium, chromium, manganese, mercury, and nickel (see table 5). These parameters were not measured for Middle Township. All of these parameters were below the standard defined by the EPA, but in order to keep them below the standard, continuous monitoring may be required. Presence of these contaminants could also indicate a possible source of groundwater contamination from the landfill nearby.

Based on the results that were obtained, it can be concluded that Egg Harbor Township, which has an operating landfill located in the town has a much higher concentration of the majority of the parameters than the Middle Township, located farther away from a landfill. This indicates that the presence of a landfill in close proximity to residential areas diminishes the water quality of that area due to possible leachate percolation, even of a well monitored and managed landfill. Therefore, the hypothesis that was initially stated is supported.

## ACKNOWLEDGMENTS

100-K Strong Initiative, Universidad Tecnológica de Panamá, and Wilkes University.

## REFERENCES

- [1] Z. Han, H. Ma, G. Shi, L. He, L. Wei, and Q. Shi, "A review of groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in China," *Sci. Total Environ.*, vol. 569, pp. 1255–1264, 2016.
- [2] J. A. Reyes-López, J. Ramírez-Hernández, O. Lázaro-Mancilla, C. Carreón-Díazconti, and M. M.-L. Garrido, "Assessment of groundwater contamination by landfill leachate: A case in México," *Waste Manag.*, vol. 28, pp. S33–S39, 2008.
- [3] S. R. Samadder, R. Prabhakar, D. Khan, D. Kishan, and M. S. Chauhan, "Analysis of the contaminants released from municipal solid waste landfill site: A case study," *Sci. Total Environ.*, vol. 580, pp. 593–601, 2017.
- [4] S. Szabó et al., "A methodology for maximizing the benefits of solar landfills on closed sites," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 1291–1300, 2017.
- [5] J. Kret et al., "A respiratory health survey of a subsurface smoldering landfill," *Environ. Res.*, vol. 166, pp. 427–436, 2018.
- [6] A. C. U. A. Landfill, "Atlantic County Utilities Authority Landfill." [Online]. Available: <https://wastebits.com/locator/location/atlantic-county-utilities-authority-landfill>.
- [7] N. K. A. Water, "WATER QUALITY REPORTS." [Online]. Available: <https://amwater.com/njaw/water-quality/water-quality-reports>.
- [8] S. P. SULLIVAN, "The most toxic sites in each New Jersey county." [Online]. Available: [https://www.nj.com/news/2017/04/the\\_most\\_toxic\\_sites\\_in\\_eac\\_h\\_new\\_jersey\\_county.html](https://www.nj.com/news/2017/04/the_most_toxic_sites_in_eac_h_new_jersey_county.html).
- [9] Unites States Environmental Protection Agency, "Pollutants in drinking water." [Online]. Available: <https://www.epa.gov/>.
- [10] "The USGS Water Science Schoo." [Online]. Available: <https://water.usgs.gov/edu/groundwater-contaminants.html>.

# Evaluación y análisis de la paja canalera como material biomásico para la generación de energía eléctrica mediante gasificación

## Assessment of wild sugarcane as biomass material for power generation by gasification

Daniel Navarro<sup>1</sup>, Jaime Lay<sup>1</sup>, Orlando Aguilar<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá,

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** La Paja Canalera (*Saccharum spontaneum*) es una especie herbácea no nativa de la flora panameña. Esta crece en condiciones muy extremas de suelo y se propaga rápidamente, por lo tanto, no permite el desarrollo de otras plantas y en la estación seca, es el objeto principal de incendios forestales espontáneos o intencionales, lo que afecta al medio ambiente y a seres humanos. Este estudio se centra en evaluar el aprovechamiento de la especie como material biomásico para la producción de energía mediante el proceso termoquímico de gasificación, tecnología totalmente limpia e innovadora para el país. Para ello se requiere determinar las características energéticas de la especie y del syngas obtenido, lo cual se podrá realizar a través de la metodología descrita. En la actualidad la Cuenca del Canal de Panamá existen aproximadamente unas 6,931.9 hectáreas cubiertas por dicha especie, las cuales representan unos 6088.18 TJ de energía; estimación basada en estudios previos.

**Palabras clave** Biocombustible, biomasa, conversión termoquímica, energías renovables, gasificación, paja canalera, *Saccharum spontaneum*, syngas.

**Abstract** Wild Sugarcane (*Saccharum spontaneum*) is an herbaceous species not native to the Panamanian flora, grows in very extreme conditions of soil and spreads rapidly. Therefore it does not allow the development of other plants. During dry season, wild sugarcane is the main cause of intentional or spontaneous wildfire which affects humans and the environment. This research focuses on evaluating the use of *S. spontaneum* as a biomass feedstock for power generation through the thermochemical process of gasification, a clean and innovative technology for the country. In order to accomplish this, it is necessary to determine the energetic properties of the species and the syngas obtained, which can be done through the described methodology. Currently, approximately 6,931.9 ha of the Panama Canal Watershed are covered by this species, which represent about 6088.18 TJ of energy; this estimate is based on previous research.

**Keywords** Biofuels, biomass, thermochemical conversion, renewable energy, gasification, wild sugarcane, *Saccharum spontaneum*, syngas.

\* Corresponding Author: orlando.aguilar@utp.ac.pa

## 1. Introducción

Desde la antigüedad el hombre ha utilizado las distintas formas de energía encontradas en la naturaleza para realizar sus actividades diarias y satisfacer sus necesidades, lo cual ha permitido el desarrollo de las civilizaciones a través de los tiempos. Sin embargo, en los últimos años la sociedad se ha hecho altamente dependiente a los combustibles fósiles, haciendo que la migración a otras fuentes de energía no sea una tarea fácil, lo cual aunado a su escasez y a la gran contaminación que producen, se requiere de grandes esfuerzos y nuevos estudios de la comunidad científica para la implementación de formas alternativas de energía que sean renovables y amigables con el medioambiente.

Se entiende como biomasa todo material orgánico derivado de seres vivo (planta o animales) o recientemente muertos, y puede ser utilizado como fuente de energía para ser transformado o utilizado directamente como combustible [1]. La biomasa es un recurso abundante y altamente disponible, la cual, aprovechándola de una forma sostenible, es una de estas fuentes alternativas de energía que puede contribuir a solución de la problemática energética mundial.

Se han desarrollado diversos métodos para la conversión de la energía contenida en la biomasa, uno de ellos es la gasificación, el cual es un proceso termoquímico, en el que el contenido energético de la biomasa, en estado sólido, mediante una serie de reacciones químicas, es transformado a un gas combustible denominado "syngas", el cual puede ser utilizado

en diversas aplicaciones, de forma similar que algunos combustibles fósiles actualmente utilizados.

En Panamá existe una gran cantidad y diversidad de especies vegetales, lo cual indica el enorme potencial de energía en forma de biomasa que poseemos. La *Saccharum spontaneum*, comúnmente conocida como Paja Canalera, Paja Blanca o Caña Silvestre, un tipo de planta herbácea originaria de Asia, introducida a nuestro país en la primera mitad del siglo XX; actualmente cubre extensas áreas de terreno en todo el país como lo muestra la “figura 1” [2].



**Figura 1.** Ejemplo de una extensa área cerca de la ciudad de Panamá cubierta por *S. spontaneum*.

Esta investigación busca evaluar el desempeño de un sistema de gasificación, utilizando la *S. spontaneum* como material biomásico. Para ello se considera en primera instancia el estudio de sus características y propiedades termofísicas. Por último, la evaluación de la composición y poder calorífico del syngas obtenido, estimando la viabilidad de la utilización de esta tecnología como alternativa energética en nuestro país para la generación de electricidad.

## 2. Planteamiento del problema

En Panamá, comparado con otros países, lastimosamente no estamos muy avanzados en el tema del aprovechamiento de los recursos energéticos alternativos, como los recursos biomásicos que a simple vista son abundantes y altamente disponibles, donde solo el 0.24% (8.1 MW) de la generación eléctrica en el país proviene de recursos biomásicos, según informes de la Secretaria Nacional de Energía [3].

Actualmente la *S. spontaneum* cubre extensas áreas de terreno en todo el país y es considerada una plaga, debido a su rápida germinación, diseminación y crecimiento, lo cual imposibilita el desarrollo natural de la flora autóctona. Esta especie sobrevive en ambientes críticos y germina en suelos pobres. Durante la época seca es el principal objeto de quema provocada o espontánea, afectando a seres humanos y al medio

ambiente, sin embargo, se muestra resistente y rebrota rápidamente [4].

Esta especie, al representar un serio problema medioambiental y contar con la disponibilidad de grandes extensiones de terreno densamente pobladas por la misma, surge el planteamiento de realizar esta investigación con el objeto de evaluar un sistema de gasificación utilizando la Paja Canalera como materia prima, determinando las características energéticas de la especie y del syngas obtenido luego de dicho proceso. Esto nos permitirá analizar el potencial del aprovechamiento energético de la *S. spontaneum* en nuestro país.

Bajo este marco surgen los siguientes cuestionamientos ¿La República de Panamá está contemplando el aprovechamiento de recursos biomásicos como fuente de energía? ¿Es aprovechada actualmente la Paja Canalera de alguna forma? ¿Puede la *S. spontaneum* ser una fuente de energía factible y rentable en Panamá? ¿Existen tecnologías que pudieran ser factibles para el aprovechamiento energético de la Paja Canalera? ¿Qué tipo de sistema de gasificación será el adecuado para explotar el poder calorífico de la Paja Canalera? ¿A qué escala? ¿Ayudará este aprovechamiento a la erradicación de esta especie o a la disminución de sus efectos negativos sobre el medioambiente? Estos cuestionamientos incentivan a la duda y el deseo de investigación para encontrarle provecho a dicha especie herbácea considerada como maleza y plaga en nuestro país.

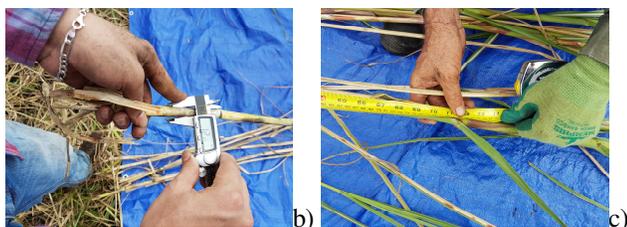
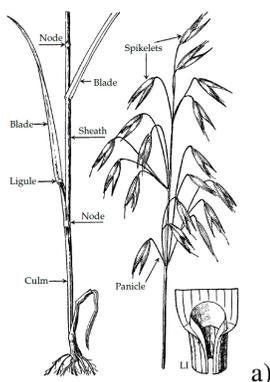
## 3. Metodología

### 3.1 Muestreo

El estudio se enmarcará en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), ya que contamos con mayor información para esta región, gracias al apoyo proporcionado por la División de Ambiente de la Autoridad del Canal de Panamá. Con la ayuda del mapa de Cobertura vegetal y Uso de Suelo 2013 pertenecientes al último "Informe de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la CHCP" [5] se identificaron las extensiones de territorio dominados por *S. spontaneum* y se seleccionaron sitios posibles de muestreo, evaluando la accesibilidad de los mismos, para luego escoger aleatoriamente cuatro sitios finales de muestreo. Se determinó aleatoriamente dentro de los sitios seleccionados una parcela con un área de 4 m<sup>2</sup> (2 m x 2 m). Una vez en el sitio se determinaron las coordenadas y se registró una descripción de las características del suelo y la configuración del terreno. Se midió el tamaño de las plantas desde el suelo hasta la copa de las hojas en cada esquina y en el centro de la parcela con una cinta métrica. Se escogió un segmento de 1 m<sup>2</sup> dentro de la parcela, donde se contaron los tallos, para luego escoger diez de ellos al azar, para medir el diámetro basal y la altura de los mismos. El diámetro basal se midió, con un calibrador de vernier, justo encima del primer nódulo; y la altura del tallo, desde la base

hasta el último nódulo como se muestra en la “figura 2”. Se cortan todos los tallos dentro del área de muestra y se colocan en una lona para ser transportados al sitio de almacenamiento. Se pican a un tamaño de partícula de 1 cm y se pesa todo el material recolectado ( $m_{rec}$ ). Se seca al aire hasta que no varíe su peso ( $m_{sec.aire}$ ). Para ello se seleccionará una pequeña muestra de control la cual se pesará periódicamente. Con esto se determina el contenido de humedad ambiental o externa de la biomasa recolectada, como lo muestra en la ecuación (1).

$$\%H = \frac{m_{rec} - m_{sec.aire}}{m_{rec}} \cdot 100 \quad (1)$$



**Figura 2.** Caracterización de los tallos de las plantas en la recolección, a) estructura típica de una planta herbácea [6], b) medición del diámetro basal, c) medición de la altura del tallo.

### 3.2 Propiedades Termofísicas

Para hacer una descripción termofísica de la biomasa, se escogieron pequeñas muestras de 50 g, representativas de todo el material recolectado y se desarrolló un análisis próximo, en el cual se determina el contenido de humedad, cenizas, materia volátil y carbón fijo expresados en porcentaje en peso del material, para ello se utilizan los procedimientos descritos en las normas ASTM E-1757, ASTM E1756 y ASTM E-1755 [7-9]. Esta descripción de la biomasa es muy importante para poder determinar y predecir el comportamiento del sistema de gasificación a utilizar [10]. Luego se determina el poder calorífico mediante una bomba calorimétrica IKA C2000.

Para efectos del manejo y transporte de la biomasa en el sistema de gasificación es importante determinar algunas otras propiedades físicas. La fluidez de la biomasa es importante para determinar el sistema de alimentación en un sistema de

gasificación. Para ello se determina el ángulo de reposo que no es más que el ángulo promedio medido desde un plano horizontal que forman las partículas de biomasa apiladas de forma aleatoria [11]. Con este fin se llena un tubo con las partículas de biomasa reposando sobre una superficie plana, el tubo se levanta haciendo que las partículas formen una pila y se mide el respectivo ángulo. La densidad aparente es la medida de la relación de la masa del material al volumen total ocupado, incluyendo la porosidad y espacios entre las partículas del material, para ello se deja caer las partículas de biomasa en una caja de tamaño estándar (305x305x305 mm) desde una altura de 610 mm siguiendo el procedimiento descrito en la norma ASTM E873 [12, 13].

### 3.3 Gasificación

Una vez que se ha caracterizado el material biomásico, mediante la evaluación de las propiedades termofísicas, se puede escoger el tipo de sistema de gasificación que mejor se desempeñe ante dicho material biomásico a utilizar, refiriéndonos a las recomendaciones dadas en estudios previos [1] [9-11] [14-15].

Por último, mediante un analizador de gases Cubic Ruiyi Gasboard 3100P, se puede registrar la composición química del syngas ( $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $O_2$  y  $C_xH_y$ ) y su poder calorífico. Con estos últimos datos se evalúa la eficiencia del sistema de gasificación, ecuación (2).

$$\eta_{gasificador} = \frac{m_{gas} \cdot PCI_{gas}}{m_{biomasa} \cdot PCI_{biomasa}} \quad (2)$$

Donde,  $m_{gas}$  es masa del gas producido,  $PCI_{gas}$  el poder calorífico inferior,  $m_{biomasa}$  es la masa de la biomasa en el gasificador y  $PCI_{biomasa}$  el poder calorífico inferior de la biomasa.

## 4. Resultados

Al momento de la redacción de este artículo, los resultados preliminares han arrojado los sitios de muestreo. Para ello se preseleccionaron diez sitios, atendiendo a la accesibilidad y configuración del terreno. Por motivos de seguridad, esto se hizo utilizando el Mapa de Cobertura de Paja Blanca en la CHCP al 2013 [5] observando los puntos a simple vista con alta densidad. Al azar se seleccionaron finalmente cuatro sitios, los cuales se muestran en la figura 3 y en la tabla 1.

Un estudio realizado en 2009 en áreas de la CHCP determinó que en una parcela infestada por *S. spontaneum* presentaba en el mes de abril una densidad superficial de biomasa de  $5630.0 \pm 1996.9 \text{ g/m}^2$  [4]. Este dato es de mucha importancia al dar luces del rendimiento biomásico por unidad de superficie de la especie encontrada en estado natural, lo cual también pretende determinar este trabajo. Sin embargo, el estudio anteriormente mencionado incluyó solamente un sitio de muestreo, ya que los objetivos del mismo eran diferentes; por ello el nuestro,

considera al menos cuatro sitios considerando las variaciones de las condiciones de crecimiento para la especie de un sitio a otro dentro de la CHCP.

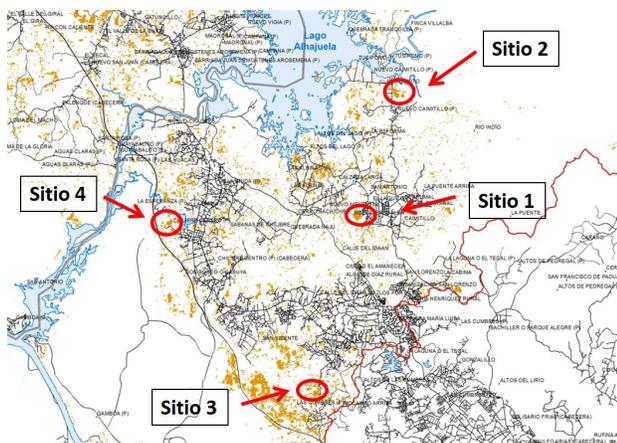


Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo seleccionados dentro de la CHCP. Fuente [5].

Tabla 1. Sitios seleccionados para el muestreo

Sitio	Descripción	Coordenadas
1	Los Pinos - Calzada Larga, Chilibre	9°09'59.5"N 79°33'16.13"O
2	Nuevo Caimitillo, Chilibre	9°12'50"N 79°32'15.1"O
3	Villa Grecia Adentro, Las Cumbres	9°05'15.1"N 79°34'11.3"O
4	Chilibre Centro, Chilibre	9°09'34.8"N 79°37'56.5"O

El último "Informe de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá" publicado en el año 2013, refleja que unas 6931.93 ha de la CHCP están infestadas de *S. spontaneum*, lo cual representa un 2.02 % de la superficie de la misma [5]. Esta información es útil para el cálculo del potencial energético total en la CHCP, conociendo el poder calorífico de la misma (MJ/kg) y el rendimiento biomásico por superficie (kg/ha).

Se espera que la paja canalera presente propiedades similares a otras especies herbáceas perennes de ciclo C4 reflejadas en estudios previos [12] [14] [16]. Consentino et al (2013) [17] determinó, mediante un análisis elemental (CHN), el poder calorífico inferior (PCI) de la *S. spontaneum* bajo diferentes condiciones de irrigación. Una de las parcelas cultivadas de *S. spontaneum* que presentó unos 972.5 mm de agua disponible, lo más cercano a nuestro clima con unos 2200 mm de lluvia al año en promedio [18], encontrándose los siguientes resultados mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades termoquímicas de la *S. spontaneum*

Análisis próximo		Análisis último	
Humedad (%w/w)	49.5	C (%w/w)	43.76
Cenizas (%w/w)	4.8	H (%w/w)	5.80
		N (%w/w)	0.40
		PCI (MJ/kg)	15.60

Con dicho poder calorífico y el rendimiento biomásico de los estudios anteriormente mencionados, podemos realizar la estimación que en la CHCP existen aproximadamente unos 6088.18 TJ de energía aprovechables provenientes de la conversión termoquímica de la paja canalera. Si se cosechara 1 hectárea de paja canalera para alimentar a una planta de generación eléctrica por un año (8760 horas) de forma continua se podría alimentar a una carga de 27.85 kW, lo cual es suficiente para abastecer la necesidad de energía eléctrica a una pequeña comunidad.

## 5. Conclusiones

1. La gasificación, así como muchas otras alternativas innovadoras para la producción de energía limpia no han sido ampliamente desarrolladas en Panamá, en especial las tecnologías de biomasa, las cuales representan actualmente solo el 0.24% de producción de energía eléctrica, a pesar de que contamos con un enorme potencial para las mismas.
2. La *S. spontaneum*, así como muchos otros materiales biomásicos disponibles en la República de Panamá, carecen de estudios para el análisis y evaluación de su aprovechamiento energético. Con lo cual, estudios como este, pueden realizar un gran aporte al desarrollo energético limpio y sostenible de Panamá.
3. La CHCP contiene unas 6931.9 ha cubiertas por paja canalera, lo cual se traduce a una disponibilidad de energía de 6088.18 TJ, de la cual una importante fracción es desperdiciada en quemas. Esta energía puede ser aprovechada en sistemas de conversión termoquímica como la gasificación, evidenciado en numerosos estudios con especies similares.
4. La cosecha de 1 ha de *S. spontaneum* puede alimentar por un año a una pequeña planta de generación de 27.85 kW, la cual produciría la energía suficiente para un pequeño poblado; un escenario que la convierte en una opción interesante para aplicaciones a pequeña escala en sitios rurales o remotos con gran disponibilidad del recurso.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Dr. Cecilio Hernández y al Ing. Ernesto Escobar por su asistencia técnica y guía para realizar todos los experimentos necesarios y a el Laboratorio de Análisis

Industriales y Ciencias Ambientales (LABAICA), por permitir el uso de sus equipos e instalaciones para el desarrollo experimental.

Agradecemos al Lic. Leopoldo Manso y al Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA) por permitir el uso de su laboratorio y equipo.

Agradecemos al departamento de Metal Mecánica en especial al Sr. Fernando por el apoyo brindado al desarrollo de este trabajo de investigación.

Agradecemos al Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM).

Agradecemos al Laboratorio de Geotecnia (LABGEO).

Agradecemos a la Secretaria Nacional de Ciencias y Tecnología (SENACYT) por el apoyo brindado y el financiamiento de este trabajo de investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Chris Higman, Maarten van der Burgt, Gasification, Gulf Professional Publishing, Burlington, USA, 2003.
- [2] Arturo Cerezo, "Antecedentes del origen y objetivo de la introducción de la maleza paja blanca (*Saccharum spontaneum* L.) a Panamá", Autoridad del Canal de Panamá, Sección de Manejo de Cuenca, pp 1-6, marzo de 2010.
- [3] Secretaría Nacional de Energía, "El Mercado Eléctrico de la República de Panamá", 31 de diciembre de 2016. Disponible en línea: <http://www.energia.gob.pa/Electricidad>
- [4] Kristin Saltonstall, Graham Bonnett, "Fire promotes growth and reproduction of *Saccharum spontaneum* (L.) in Panama", Springer Netherlands, Biological Invasion, vol. 19, no. 12, pp. 2479-2488, 2012.
- [5] Autoridad del Canal de Panamá, "Informe de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá", Panamá, 2013. Disponible en línea: <http://www.cich.org/publicaciones/InformeCoberturaVegetal2013.pdf>
- [6] David J. Gibson, "Grasses and Grassland Ecology", Oxford University Press, 2009.
- [7] Standard Practice for Preparation of Biomass for Compositional Analysis, ASTM E1757-01, 2007.
- [8] Standard Test Method for Determination of Total solids in Biomass, ASTM E1756-01, 2001.
- [9] Standard Test Method for Ash in Biomass, ASTM E1755-01, 2007.
- [10] Junmeng Cai, Yfeng He, Xi Yu, Scott W. Banks, Yang Yang, Xingguang Zhang, Yang Yu, Ronghou Liu, Anthony V. Bridgwater, "Review of physicochemical properties and analytical characterization of lignocellulosic biomass", Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Review, vol. 76, pp 309-322, 2017.
- [11] Thomas Brackett Reed, Agua Das, Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Solar Energy Research Institute, USA, 1988.
- [12] Prabir Basu, Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction, Practical Design and Theory, 2nd ed., Academic Press, USA, 2013.
- [13] Standard Standard Test Method for Bulk Density of Densified Particulate Biomass Fuels, ASTM E873-82, 1998.
- [14] Peter McKendry, "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass", Elsevier, Bioresource Technology, Vol. 83, Num. 1, pp 37-46, 2001.
- [15] Peter McKendry, "Energy production from biomass (part 3): gasification technologies", Elsevier, Bioresource Technology, Vol. 83, Num. 1, pp 55-63, 2002.
- [16] Ruprekha Saikia, Rahul Singh Chutia, Rupam Katak, Kamal K. Pant, "Perennial grass (*Arundo donax* L.) as a feedstock for thermo-chemical conversion to energy and materials", Elsevier, Bioresource Technology, Vol. 188, pp 265-272, 2015.
- [17] Salvatore Luciano Cosentino, Venera Copani, Giorgio Testa, Danilo Scordia, "Saccharum spontaneum L. ssp. (Willd.) Hack. a potencial perennial grass for biomass production in marginal land in semi-arid Mediterranean environment", Elsevier, Journal Industrial Crops and Products, Vol. 75, Parte B, pp 93-102, 2015.
- [18] Disponible en línea: [http://www.hidromet.com.pa/clima\\_historicos.php?se](http://www.hidromet.com.pa/clima_historicos.php?se)

# Modelo de interfaz cerebro-computador de bajo costo como medio para mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad

## Low-cost brain-computer interface model as a means to improve the quality of life of the elderly

Domingo Valdes-Guevara <sup>1</sup>, Juan Mendoza-Rodriguez<sup>1</sup> & María Yahaira Tejedor-Morales <sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Panamá, C.R. de Coclé, Grupo de investigación SoftSolution Group.

**Resumen** La tecnología informática promete un gran potencial para mejorar la calidad de vida y fomentar la independencia de los ancianos. Los escenarios tecnológicos actuales, como las soluciones para problemas humanos sobre inclusión laboral, entornos de trabajo y seguridad, nos han inspirado a escribir este artículo y lo tomamos como una oportunidad para comprender cómo una abstracción de un concepto puede materializarse en una realidad. Al mismo tiempo, mediante el desarrollo de un modelo de interfaz informática, tendremos la oportunidad de ayudar a las personas mayores en las tareas y actividades cotidianas. Este artículo expone cómo, a través del procesamiento de señales cerebrales, se pueden llevar a cabo acciones o tareas mediante el uso de algoritmos de traducción. Anteriormente, el uso de la mente para controlar objetos solo sería posible dentro de nuestra imaginación más no en la realidad. Actualmente se están llevando a cabo proyectos, estudios e investigaciones en vía de desarrollo que permiten marcar una gran diferencia a tal punto que ahora es posible ir más allá de nuestra imaginación; ir más allá de aquello que alguna vez creímos imposible. Se presenta una propuesta para el desarrollo de un entorno para mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad basado en los sistemas de interfaz cerebro-computadora (Brain-Computer Interfase-BCI), de modo tal que estos puedan apoyar en la interacción diaria con su entorno. Se plantea parte del panorama global y regional en donde esta conceptualización se cristaliza en aplicaciones que proveen una mejor calidad de vida.

**Palabras clave** Interfaz cerebro-computadora (BCI), EMOTIV Insight, RedRat-X, calidad de vida, ambientes de inclusión.

**Abstract** Information technology offers great potential to improve the quality of life and foster independence of the elderly. Current technological advances such as solutions for human problems on labor inclusion, work environments and security have inspired us to write this article and take the opportunity to understand how an abstraction of a concept can be materialized in a reality. At the same time, through the development of a computer interface model we will have the opportunity to assist the older people in everyday tasks and activities. This article presents how, through signal processing of brainwaves, actions or tasks can be carried out using translation algorithms. Previously, the use of the mind to control objects would only be possible within our imagination but not in reality. Currently projects, studies and research are being conducted in this area, that are making a great difference to the point that now it is possible to go beyond our imagination; beyond what we once thought impossible. This paper presents a proposal for the development of an environment to improve the quality of life of the elderly based on the brain computer interfaz-BCI systems so that they can support the daily interaction with their environment. It considers part of the global and regional panorama where this conceptualization is crystallized in applications that provide a better quality of life.

**Keywords** Brain-computer interface (BCI), EMOTIV Insight, RedRat-X, quality of life, inclusion environments.

\* Corresponding Author: maria.tejedor@utp.ac.pa

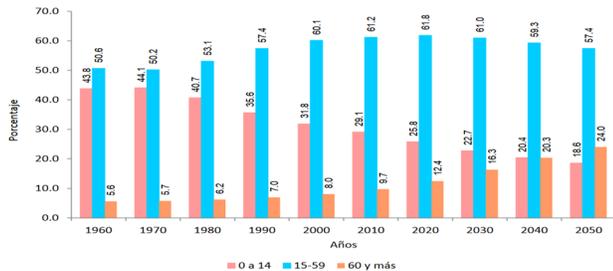
### 1. Introducción

La sociedad está siendo testigo del rápido aumento en el número y la proporción de personas mayores. Según cifras de las Naciones Unidas, en el 2017 se calcula que hay 962 millones de personas con 60 años o más, es decir, un 13 por ciento de la población mundial. Este grupo de población tiene una tasa de crecimiento anual del 3 por ciento. Europa es la región con más personas pertenecientes a este grupo,

aproximadamente un 25 por ciento. Ese grado de envejecimiento de la población también llegará a otras partes del mundo para el año 2050, con excepción de África. Para el 2030, se estima que serán 1,400 millones de personas de edad avanzada en el mundo [1].

El gráfico 1 nos muestra que la realidad de Panamá no es distinta a la realidad mundial. Para el año 2050 se estima que la población de adultos mayores (60 años o más) crecerá paulatinamente y representará el 24% de la población

panameña. Para el 2006 la población de adultos mayores había aumentado en un 103% en comparación de años anteriores. Para el 1 de julio del 2016 había 72,815 personas mayores de 80 años y a consecuencia se estima que para el 2019 el fondo de pensiones y jubilaciones entrará en déficit [2], lo cual obliga a definir nuevas alternativas por las cuales optar a fin de garantizar su seguridad social y su calidad de vida.



**Gráfico 1.** Distribución porcentual de las estimaciones y proyecciones de la población por grandes grupos de edad.  
**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá.

Actualmente en Panamá la Ley 36 del 02 de agosto del 2016 establece las normativas a cumplir para la protección integral de los derechos de las personas adultas mayores. Sin embargo, solo el artículo 6 de esta ley hace referencia al derecho de vivienda de esta población, mas no establece la calidad del ambiente habitacional que las instituciones residenciales de protección de las personas adultas mayores deben poseer con el propósito de garantizar un entorno capaz de disminuir riesgos físicos, mantener la calidad de vida y generar espacios armónicos en el cual él y sus similares puedan formar parte de la sinergia de su entorno.

## 2. Planteamiento del problema

Factores como los altos números en la población de adultos mayores hacen suponer que no existe la disponibilidad suficiente de asilos para darles alojos al momento de llegar a su cúspide de edad. Actualmente en la ciudad capital de Panamá existe un promedio de 40 asilos para la población de adultos mayores. Algunos de estos asilos no se encuentran subsidiados. Independientemente de poseer o no algún tipo de subsidio para mantener operativos los programas para la tercera edad en cierta medida, la mayoría de ellos solo llega a cumplir con las condiciones básicas para la atención de esta población.

Países del continente europeo (Noruega, Suecia, Suiza, Alemania y Holanda) son un ejemplo a seguir por ser pioneros en implementar nuevas alternativas en busca de mejorar la calidad de vida de la población de adultos mayores como, por ejemplo, buenos servicios de salud y ambientes sociales favorables [3]. A pesar de esto, el progresivo aumento de la población de adultos mayores exige establecer nuevas alternativas capaces de garantizar el bienestar de este grupo de la población en sus años de adultez.

Teniendo en cuenta lo anterior y la creciente demanda por lugares habitacionales que brinden la satisfacción de poseer un ambiente capaz de velar por la salud, tranquilidad y seguridad de los adultos mayores, se requiere la generación de mecanismos que contribuyan a solventar esta necesidad.

Es ahí donde el uso de la tecnología puede ser visualizada como una alternativa viable que complemente y contribuya de manera significativa a este proceso. Por lo tanto, surge la oportunidad de presentar una propuesta para el desarrollo de una solución mediante el uso de tecnología BCI capaz de integrar factores internos (estado de ánimo), ideas, etc.) y externos (internet de las cosas) del entorno con la finalidad de proveer un ambiente controlado, seguro y satisfactorio.

### 2.1 Comprendiendo el concepto de interfaz cerebro-computador

La interfaz cerebro-computador es un medio que captura las ondas (señales) cerebrales y luego las procesa con la finalidad de traducirlas en órdenes o acciones que, exteriorizadas al medio ambiente, le permiten interactuar con su entorno. Es el proceso mediante el cual el pensamiento se convierte en acción.

### 2.2 Desarrollo histórico

La interfaz cerebro-computador no es algo relativamente nuevo, sino que paulatinamente ha ido evolucionando a través de los años al punto de lograr captar señales cerebrales mediante dispositivos no invasivos, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Evolución histórica de la interfaz cerebro-computador [4]

Año	Investigador	Hechos relevantes
1875	Richard Caton	Descubre la naturaleza eléctrica del cerebro. Usó un galvanómetro para observar impulsos eléctricos en la superficie del cerebro vivo de algunos animales.
1924	Hans Berger	Es el primero en registrar un EEG de un cerebro humano y de presentar una clasificación de los diferentes tipos de ondas cerebrales.
1970 - 1990	Universidad de California, Los Ángeles.	Se inician las primeras investigaciones para desarrollar dispositivos BCI con fines médicos logrando desarrollar prótesis neurales para rehabilitación.
2001	varios	Además de fines médicos, las investigaciones se centran en la industria de los videojuegos. Además, se introducen en el mercado las primeras interfaces no invasivas.

Para 1924 se logra establecer por primera vez las diferencias entre los distintos tipos de ondas cerebrales, las cuales se detallan a continuación en la tabla 2. Descubrimiento que marcó un gran cambio significativo en el futuro proceso de creación y desarrollo de los dispositivos BCI.

**Tabla 2.** Clasificación de las ondas cerebrales

Nombre	Frecuencia	EEG	Descripción
DELTA	0,2 a 3,5 Hz		Estado hipnótico, hemisferio cerebral derecho en plena actividad, sueño profundo, meditación.
THETA	3,5 a 7,5 Hz		Estado de vigilia, equilibrio entre los hemisferios izquierdo y derecho, plenitud, armonía.
ALFA	7,5 a 13 Hz		Relajación, tranquilidad, creatividad inicio de actividad plena del hemisferio izquierdo y desconexión del hemisferio derecho.
BETA	13 a 28 Hz		Estado de alerta máxima, vigilante, miedo, es la situación normal cuando estamos despiertos, conduciendo, o trabajando en donde estamos en estado de alerta, ansiedad.
GAMMA	+ de 28 Hz		Estado de stress y confusión.

### 3. Metodología

#### 3.1 Objetivos de la investigación

El objetivo es utilizar una interfaz cerebro-computador (BCI) a través del cual el usuario podrá adaptar su ambiente/entorno a sus necesidades y confort para de ese modo mantener su calidad de vida acorde a las necesidades de su edad, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Mediante el uso del pensamiento se podrán realizar acciones, dar órdenes o realizar tareas.

Paralelamente, la interfaz monitoreará los estados de ánimos con el propósito de analizar y clasificar estos datos para identificar situaciones que puedan poner en riesgo la salud de los adultos mayores y, mediante el uso de un sistema de alertas, difundir un mensaje de advertencia al personal encargado del asilo para de ese modo darles la atención médica necesaria de forma inmediata.

### 3.2 Materiales

Como se muestra en la figura 2, los materiales que se utilizarán para la obtención de las señales cerebrales y el control de los distintos tipos de dispositivos presentes en el entorno, serán:

- Interfaz EMOTIV Insight
- Dispositivo RedRat-X
- *Software* (desarrollado para la plataforma Windows 10 utilizando la colección de herramientas BF++).



**Figura 2.** Hardware seleccionado para el desarrollo de la propuesta. RedRat-X. EMOTIV Insight.

**Tabla 3.** Especificaciones referentes al modelo EMOTIV Insight

Características	Descripción
Sensor EEG	5 canales
Señales EEG	128 muestras por segundo por canal
Conectividad	Inalámbrica (PC y dispositivos móviles)
Poder	Batería de 480mAh. Duración hasta 8 horas.
Sensor de movimiento	9 ejes
Plataformas compatibles	Windows, MAC, iOS Android
Costo	\$ 299.99

**Tabla 4.** Especificaciones referentes al modelo RedRat-X

Características	Descripción
Dimensiones	11.5cm x 2.5cm x 7.5cm
Radio IR (parte frontal)	0mA a 250mA en 100 pasos
Conexión	Vía USB O Ethernet
Indicadores LED	Brindan retroalimentación operativa
Alimentación	2W
3 enchufes IR disponibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para usar con <i>flashes</i> IR enchufables – 0mA a 100mA en 100 pasos.</li> <li>• Para interactuar con sistemas de distribución IR, como Xantech, Buffalo, etc.</li> </ul>
Costo	\$ 334.50

**Tabla 5.** Especificaciones referentes al *software* a utilizar

Características	Descripción
Windows 10	Es el último y vigente sistema operativo desarrollado por Microsoft como parte de la familia de sistemas operativos Windows NT.
BF++	Colección de herramientas de <i>software</i> y utilidades desarrolladas para analizar, optimizar y diseñar Bio-retroalimentación e interfaces Cerebro-computador

### 3.3 Diseño

Por definición, los ambientes inteligentes son espacios que hacen uso de las tecnologías de la información y comunicación, internet de las cosas y de los sistemas embebidos para crear entornos interactivos e inclusivos, reduciendo la brecha que existe entre el hombre y la tecnología al hacerla partícipe de las soluciones a los problemas cotidianos.

Se propone un escenario basado en el uso de tecnología BCI para mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad. Dicho escenario tiene como principal actor al dispositivo EMOTIV *Insight*. Se escogió este modelo por su precio relativamente bajo y por tener disponible, tal como se aprecia en la figura 3, una aplicación móvil, mediante la cual se puede monitorear el estado mental del usuario y el correcto funcionamiento del dispositivo.



Figura 3. La aplicación MyEmotiv brindará información importante sobre el dispositivo y el estado mental del usuario.

Básicamente, es un electroencefalograma de cinco canales que capta señales de los lóbulos frontales (atención, toma de decisiones y planificación), lóbulos temporales (procesado auditivo, memoria, codificación y procesado del lenguaje) y los lóbulos parietal y occipital (integración sensorial y procesado de visión).

Este sistema tiene sus raíces en clínicas y hospitales, usados para estudiar condiciones médicas como lo son: coma, muerte cerebral, diagnóstico de epilepsia y convulsiones y monitorear el sueño. El poder obtener una representación espacial del cerebro y lograr transformar pensamientos en acciones nos abre las puertas a una nueva forma de interactuar con el ambiente.

El dispositivo EMOTIV *Insight* será la interfaz por la cual se captarán las señales cerebrales del usuario que luego serán traducidas a binario mediante los algoritmos de traducción programados en el *software* que será desarrollado para

sistemas operativos Windows 10 utilizando el paquete de licencia libre BF++.

En este aspecto, el *software* podrá ser desarrollado optando por dos alternativas viables, como lo son:

- Captar los patrones exclusivos asociados al pensamiento que el cerebro produzca al momento de intentar realizar una acción, para luego darle una etiqueta exclusivamente a ese pensamiento. Como resultado cada vez que se tenga ese pensamiento provocará que esa acción ocurra, como se muestra en la figura 4.

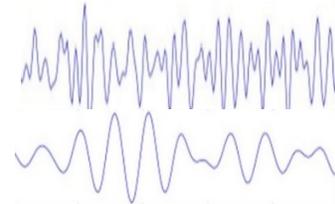


Figura 4. El cerebro produce distintos tipos de señales cerebrales de acuerdo al estado en que se encuentre.

- Como se aprecia en la figura 5, se pueden asociar las acciones a realizar con colores. Cada color representará una acción (encender/apagar dispositivos, abrir/cerrar ventanas, controlar sillas de ruedas, etc.) de modo que cada vez que el usuario desee realizar una acción solo deberá pensar en el color asociado a esa acción/tarea con la finalidad de llevar a cabo la ejecución de las instrucciones para la realización de esta.

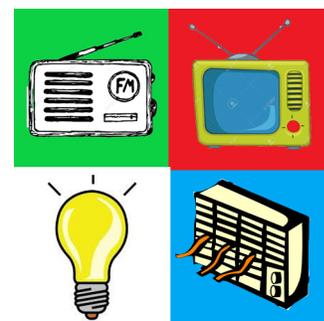


Figura 5. El uso de colores determinaría la acción a realizar dentro del entorno.

El aire acondicionado, el encendido/apagado de luces, televisores y cortinas eléctricas, son solo algunas de los dispositivos que podrán ser controladas mediante la interfaz cerebro-computador. Para este propósito se utilizará un dispositivo RedRat-X (control remoto por infrarrojos) que será conectado de forma sencilla al ordenador vía USB.

Una vez procesadas las ondas cerebrales mediante el uso de los algoritmos traductores programados, la señal será enviada a este dispositivo de emisión de señales infrarrojas a través del cual se distribuirán las señales que controlarán las acciones/tareas a realizar dentro del entorno.

Mediante la utilización de este emisor de señales vía infrarrojo se busca poder ajustar el entorno, de modo que se

puedan satisfacer las necesidades del usuario, disminuyendo el desgaste físico sin que pierda participación en el proceso.

#### 4. Resultados

Considerando el aumento progresivo que a futuro se registrará en la población de adultos mayores y, por consecuencia, el aumento en la demanda de lugares que puedan satisfacer sus necesidades, brindar independencia y hacerlo activamente partícipe de su entorno, proponemos la creación de ambientes inteligentes controlados por una interfaz cerebro-computador.

Su uso brindaría beneficios considerables a este grupo de la población panameña al ser capaz de mejorar considerablemente su calidad de vida. Abrirá las puertas a un nuevo capítulo, donde el desarrollo e innovación científica y tecnológica determinarán las pautas que trazarán grandes cambios en la sociedad panameña.

El modelo propuesto en este artículo haría uso principalmente de los siguientes elementos.

**Tabla 6.** Especificaciones referentes a los componentes del modelo

Nombre	Descripción	Función
EMOTIV <i>Insight</i>	Casco de cinco canales que captará las señales cerebrales.	Monitorear el estado cerebral para capturar las señales cerebrales que se generan al momento de pensar en realizar una acción.
Software (Windows 10, BF++)	Software traductor de pensamientos en acciones.	Procesar señales cerebrales capturadas por el casco EMOTIV <i>Insight</i> para luego emitir las ordenes a través del RedRat-X.
RedRat-X	Dispositivo emisor de señales infrarrojas.	Emitir las ordenes de salida y conectarlas con los distintos tipos de dispositivos que se encuentran en el entorno.

Se escogió al dispositivo EMOTIV *Insight* por ser partícipe de muchas investigaciones previas, lo cual demuestra su gran eficiencia y eficacia. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que el uso de las tecnologías cerebro-computador en el campo de la educación favorece la tarea del docente en su responsabilidad de ayudar a los alumnos en el proceso de enseñanza [5]. De igual manera, se ha logrado trazar nuevas estrategias para disminuir los niveles de estrés ocasionados por ciertas condiciones dentro del aula (ejemplo. borrar el tablero, arreglar sus bolsos, intervenciones verbales, etc.) en los estudiantes durante sus clases [6].

Dentro del campo de la medicina se han llevado a cabo investigaciones para desarrollar prótesis robóticas controladas por una interfaz cerebro-computador con la finalidad de otorgarle movilidad a personas que hayan perdido alguna de sus extremidades. Por otro lado, se han desarrollado sistemas

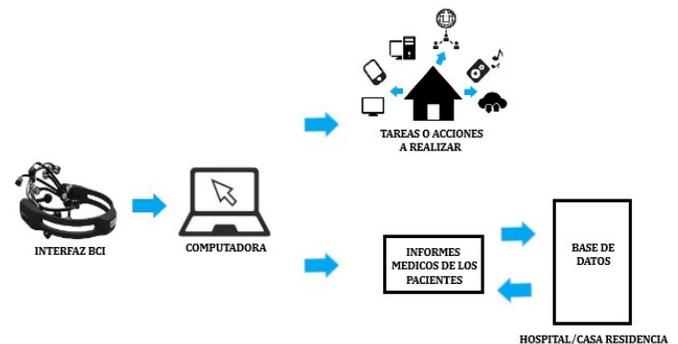
de monitoreo remoto de bajo costo para señales biomédicas con la finalidad de registrar simultáneamente la actividad eléctrica cerebral y cardíaca. El sistema puede enviar datos biomédicos a una plataforma para análisis remotos [7].

Atendiendo a nuestro objetivo, cabe señalar que las tecnologías basadas en una interfaz cerebro-computador han abierto las puertas al desarrollo de entornos laborales inclusivos con el propósito de integrar a personas discapacitadas al entorno social y laboral brindándoles la oportunidad de ser partícipes del entorno social evolutivo que constantemente se está llevando a cabo gracias al desarrollo e implementación de nuevas tecnologías.

Muchos son los beneficios que se podrán obtener gracias al uso de los sistemas BCI en el diseño y desarrollo de ambientes inteligentes para mejorar la calidad de vida para las personas de la tercera edad, como lo son:

- Provee independencia a las personas con problemas (motores) físicos.
- Otorga autonomía.
- Reduce costos de cuidados intensivos.

Lo interesante de los datos obtenidos mediante el uso del EMOTIV *Insight* radica en los beneficios alternos que se podrían obtener, como se muestra en la figura 6. Los mismos no solo se limitan a los usuarios; se pueden diseñar vías de retroalimentación que brindarían información valiosa sobre la salud del usuario al personal encargado del recinto (asilo, hospital, etc.) y, gracias a la aplicación móvil, también a los familiares de ellos.



**Figura 6.** Feedback clínico. La tecnología BCI puede modificarse para registrar emociones o síntomas específicos para la medicina preventiva.

Al ser un sistema que se basa principalmente en la lectura de ondas cerebrales será posible observar, analizar y clasificar emociones, estados de ánimos, etc. al ser interpretadas se podrán monitorear niveles de estrés, irregularidad en las corrientes eléctricas cerebrales, Parkinson, demencia, terremotos cerebrales (epilepsia), etc., lo cual garantizará atención médica preventiva inmediata.

Finalmente, se propone el uso de colores para el desarrollo de la interfaz del software. Lo que se busca es evitar generar una sobrecarga mental por el exceso de actividad psicológica.

Al hacer uso de colores como base que determinará las acciones a realizar, ayudamos a simplificar el proceso de pensamiento y a reducir la sobrecarga mental.

Atendiendo a lo anterior, debemos destacar que el uso de colores facilitará el uso de este sistema a los adultos mayores que padecen la enfermedad de Alzheimer, ya que, al utilizar colores, en este caso, cálidos y suaves estimularía positivamente al usuario al ofrecer, visualmente, un entorno relajante y tranquilizador.

Además, se ha demostrado que el uso de los colores es uno de los criterios utilizados por el cerebro para almacenar datos sobre objetos [8].

## 5. Discusión

Este entorno no está lejos de la realidad, sin embargo, necesita un estudio a profundidad que abarque más allá de las ventajas y beneficios que ofrece. Al igual que un estudio riguroso de problemas que podrían presentarse durante su puesta en práctica. Se pensó principalmente en satisfacer necesidades cotidianas, no obstante, a lo largo de la investigación ocurrieron una serie de ideas que podrían mejorar este entorno, creyendo fielmente en seguir mejorando este ambiente.

Cabe señalar que el entorno puede variar de acuerdo al tipo de necesidades que se desea satisfacer; el presente modelo ha sido pensado para disminuir riesgos en las personas de la tercera edad, pero el mismo puede ser rediseñado para crear ambientes de inclusión en el cual personas con discapacidades puedan sentirse plenamente activas y participes de las actividades laborales de la sociedad.

## 6. Conclusiones

La investigación realizada evidencia la importancia de las tecnologías basadas en BCI para promover la inclusión de personas con algún tipo de discapacidad en el entorno laboral, al ser capaz de crear ambientes y puestos de trabajos inteligentes, los cuales pueden ser controlados por el pensamiento y/o gestos a través de sensores vestibles en el cuerpo. Esto abre la puerta a nuevas investigaciones donde se puedan crear aplicaciones basadas en BCI que sean controladas no por el pensamiento sino por el estado de ánimo que posea la persona.

Por otra parte, su vital importancia reside en la capacidad de otorgarle segundas oportunidades a personas que hayan perdido algunas de sus extremidades debido a accidentes o por el contrario no posea, de nacimiento, ningún tipo de funciones motoras en las extremidades superiores. Más allá de otorgar oportunidades de inclusión laboral y de crear ambientes de trabajos adaptables, brinda nuevas alternativas de seguridad capaces de velar por la integridad del portador, al ser capaz de predecir a tiempo posibles accidentes donde su factor de origen sea el estado actual de las emociones del usuario.

Finalmente, Panamá cumple con las condiciones propicias para el desarrollo e implementación de tecnologías basadas en

BCI, como, por ejemplo, el de la Universidad Tecnológica de Panamá (Centro Regional Universitario de Chiriquí) en la cual propone la investigación y desarrollo de un prototipo para el control domótico basado en BCI para personas con movilidad reducida.

A pesar de aún no dar ese gran salto en el desarrollo e implementación de tecnologías BCI, Panamá se ha estado involucrando lentamente en el estudio de enfermedades que aquejan al cerebro como es el caso del Brain Treatment Center que lleva a cabo tratamientos que ayuden a dar alivio a las personas con autismo. Tal vez no es algo significativo en este campo, pero es un gran inicio en busca del estado mental óptimo en espera de la llegada de estas tecnologías.

## REFERENCIAS

- [1] NACIONES UNIDAS (2015). "Envejecimiento" [Online]. Available: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/ageing/index.html> [Accessed: Ab. 2018].
- [2] N. Alvarado (2016, Aug). "Aumenta la población anciana en Panamá; cifras revelan futura bomba de tiempo." [Online]. Available: [https://www.tvn-2.com/nacionales/poblacion-ancianos-panama-aumenta\\_0\\_4543045720.html](https://www.tvn-2.com/nacionales/poblacion-ancianos-panama-aumenta_0_4543045720.html) [Accessed: Ab. 2018].
- [3] BBC Mundo (2014, Oct). "¿En qué países es mejor ser anciano?" [Online]. Available: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/10/140930\\_ranking\\_paises\\_personas\\_mayores\\_en](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/10/140930_ranking_paises_personas_mayores_en) [Accessed: Ab. 2018].
- [4] A. Valencia, B. Juarez, A. Cortés y E. Velazquez. Estudio del estado del arte para el desarrollo de un motor gráfico que utilice Interfaz Cerebro-Computadora BCI para el aprendizaje de las TI. Revista de Sistemas Computacionales y TIC's, vol. 2, pp. 5-11, 2016.
- [5] S. Prada Montilla (2017, Jun). "La Neurotecnología Educativa. Claves del uso de la tecnología en el proceso de aprendizaje" [Online]. Available: <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/47144/6-2-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Accessed: Jun, 2018]
- [6] L.A. Moreno Cueva, C.A. Peña Cortés, M. Maestre Delgado, S.G. Caicedo Villamizar, A. Pardo García, "Registro de neuroseñales con una interfaz cerebro-computador para estimar el nivel estrés en un estudiante durante una clase," INGE CUC, vol. 13, pp. 95-101, 2017.
- [7] J.M. Morales, C. Díaz-Piedra, L.L. Di Stasi, P. Martínez-Cañada, S. Romero. Low-cost Remote Monitoring of Biomedical Signals. IWINAC 2015: Artificial Computation in Biology and Medicine. Lecture Notes in Computer Science, vol 9107, 2015
- [8] "El cerebro utiliza los colores para almacenar datos sobre objetos" [Online]. Available: <http://notialzheimer.blogspot.com/2012/06/la-experiencia-reciente-influye-en-las.html> [Accessed: Jun, 2018].
- [9] I. Moreno. "Soporte para personas con movilidad reducida, basado en BCI" [Online]. Available: [www.revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/download/1264/1702](http://www.revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/download/1264/1702) [Accessed: Feb, 2018].

- [10] R. Brescané. "Influencia del color en los enfermos de Alzheimer" [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=influencia+del+color+en+los+enfermos+de+alzheimer&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab> [Accessed: Jun, 2018].
- [11] D. Santana, M. Ramírez y F. Ostrosky-Solís. Novedades en tecnología de la rehabilitación Una revisión acerca de interfaz cerebro-computadora, *Revista Neurol*, vol. 39, pp. 447-450, 2004.
- [12] L. Da Silva Sauer, L. Valero Aguayo, F. Velasco Álvarez y R. Ron Angevin. Variables psicológicas en el control de interfaces cerebro-computadora. *Psicothema*, vol. 23, pp. 745-751, 2011.
- [13] J. Minguez. "Tecnología de interfaz cerebro-computador" [Online]. Available: [http://webdiis.unizar.es/~jminguez/Sesion001\\_UJI.pdf](http://webdiis.unizar.es/~jminguez/Sesion001_UJI.pdf) [Accessed: Feb, 2018].6
- [14] J. Gutiérrez Martínez, J. Cantillo Negrete, R. Cariño Escobar y D. Elías Viñas. Los sistemas de interfaz cerebro-computadora: una herramienta para apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora. *Tecnología en Salud*, vol. 2, pp. 62-69, 2013.
- [15] M. Montiel Sandoval, P. Santana Mancilla y A. Guerrero Ibáñez. Interfaz cerebro-computadora para disminuir situaciones de riesgo en un entorno de conducción vial. *Avances en Interacciones Humano-Computadoras*, vol. 1, pp. 74-76, 2016.
- [16] H. Valencia Ruíz, P. Santana-Mancilla, J. Guerrero Ibáñez y J. Contreras-Castillo. "Desarrollo de un prototipo de control remoto a vehículo por medio de una interfaz cerebro computadora" [Online]. Available: [https://www.pedrosantana.mx/papers/valencia\\_aniei2016.pdf](https://www.pedrosantana.mx/papers/valencia_aniei2016.pdf) [Accessed: Feb, 2018].
- [17] C. Escolano, I. Iturrate, J. Antelis y J. Minguez. "Dispositivos robóticos de rehabilitación basados en interfaces cerebro-ordenador: sillas de ruedas y robots para teleoperación" [Online]. Available: <http://webdiis.unizar.es/~jminguez/articles/EscolanoCea2009.pdf> [Accessed: Feb, 2018].
- [18] J. Muñoz Cardona, C. Muñoz Cardona, y O. Henao Gallo. Diseño de una estación de trabajo para personas con discapacidad en miembros superiores usando una interfaz cerebro-computador. *Tecno Lógicas, Edición Especial*, pp. 55-66, 2013
- [19] R. Encarnación Mosquera. "Diseño de experimento: Aproximación metodología para el desarrollo de una aplicación interactiva de realidad virtual inmersiva, para recrear la terapia espejo en la rehabilitación de pacientes amputados de miembros inferiores con dolor de miembro fantasma" [Online], Available: <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1499> [Accessed: Feb, 2018].

# Sistema de análisis energético y de temperatura de las ventanas de un aula de clase con y sin aislamiento térmico

## Energetic and temperature analysis system of classroom windows with and without thermal insulation

*Carvajal, Rolando<sup>1\*</sup>, Robles, Jarol<sup>1</sup>, Solís, José<sup>1</sup>, Vargas, Jorge<sup>1</sup>, Marín, Nacarí<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Licenciatura en Ingeniería Electromecánica*

<sup>2</sup> *Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería Mecánica*

**Resumen** En la mayoría de las aplicaciones de edificios, el conocer los mecanismos de transferencia de calor y sus efectos permite realizar mejoras en los diseños, como por ejemplo, al incrementar el aislamiento en paredes y ventanas se puede lograr un ahorro de energía. En este trabajo se estudia la transferencia de calor en ventanas mediante un sistema experimental denominada 3JR meter, con base en una plataforma Arduino y sensores de temperatura. Se realizaron pruebas en condiciones de clima tropical para la evaluación de las ventanas de un aula de clase del Centro Experimental del Centro Regional de Azuero de la Universidad Tecnológica de Panamá. En este salón se realizaron estudios térmicos para observar el efecto que produce colocar cortinas de poliestireno expandido en un lugar irradiado por el sol y ver cómo esta puede mejorar en cierto modo tanto el confort de las personas como el posible ahorro energético en una unidad de acondicionamiento de aire. También se utilizó un analizador de energía para garantizar un buen funcionamiento del acondicionador de aire y verificar la existencia de variaciones en las tensiones, corrientes o en la frecuencia.

**Palabras clave** Transferencia de calor, medición de temperatura, Arduino, sensor DHT11, analizador de calidad de energía.

**Abstract** In most buildings applications, knowing the mechanisms of heat transfer and its effects allows to make designs improvements, for example, by increasing the insulation in walls and windows can achieve energy saving. In this work we study the heat transfer in windows by an experimental system called 3JR meter, based on an Arduino platform and temperature sensors. Tests for windows insulation evaluation of one classroom of the Experimental Center building of the Regional Center of Azuero, Technological University of Panama, were performed for tropical climate condition. In this room, thermal studies were carried out to observe the effect of expanded polystyrene curtains in a place irradiated by the sun and to see how this can improve in some way both, the people comfort and the possible energy saving in an air conditioning unit. An energy analyzer equipment was also used to ensure good operation of the air conditioner and verify the existence of variations in voltages, currents or frequency.

**Keywords** Heat transfer, temperature measure, Arduino, DHT11 sensor, quality energy analyzer.

\* Corresponding Author: rolando.carvajal@utp.ac.pa

### 1. Introducción

En los últimos años el clima de Panamá ha sufrido cambios, debido al cambio climático [1], por lo que es difícil predecir y estudiar su comportamiento. De acuerdo a la Estrategia Nacional de Cambio Climático de Panamá (ENCCP), se requiere un desarrollo de capacidades y de transferencia de tecnologías, “el que busca abordar la escasez de información y tecnologías referentes a los procesos nacionales de adaptación y mitigación, por medio de un robusto fortalecimiento de capacidades y utilización de tecnologías de punta” [2]. En este

sentido, se hace necesaria la utilización y/o adaptación de tecnologías para medir diferentes variables relacionadas con el cambio climático. La temperatura en el interior y exterior de un recinto es un ejemplo de ello.

Durante el proceso de diseño, la mayoría no consideran el comportamiento energético de sus proyectos o no cuentan con suficiente tiempo para realizar un balance térmico previo a la etapa de dimensionamiento del sistema de refrigeración. Adicional, el costo de energía para acondicionar un recinto depende de una serie de factores muy diversos, que se relacionan con la localización del proyecto, la exposición al

sol, la temperatura ambiente, las características de la instalación de la unidad de acondicionamiento de aire y sobre todo el aislamiento térmico (la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción). La conducción por otra parte es el mecanismo de transferencia de calor por el que el calor se transporta de regiones de alta temperatura a regiones de baja temperatura dentro de un mismo material o entre diferentes cuerpos. Lo antes descrito se encuentra en los edificios, y es por eso que a la hora de realizar proyectos de construcción se deben tomar en cuenta todos estos aspectos, ya que el proyectista requiere métodos sencillos y rápidos para evaluar decisiones de diseño y comparar las ventajas de soluciones alternativas. Al utilizar un buen aislamiento se puede evitar pérdidas de energía, ya que un recinto bien aislado y acondicionado térmicamente garantiza un menor gasto energético durante todo el año. Por esto, es importante sensibilizarnos con el ahorro energético, optimizando el consumo energético.

En este artículo se pretende analizar la transferencia de calor entre el exterior e interior de un salón de clase, irradiado por el sol durante el día, a fin de observar cómo afecta el consumo energético de una unidad de acondicionamiento de aire. El estudio se ha llevado a cabo en la Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, específicamente en un aula del Centro Experimental(CE-10). Este salón y los que se encuentran a su lado están más expuestos al sol en horas cercanas al medio día, debido a su orientación. En este salón se realizaron estudios térmicos para observar el efecto que produce colocar cortinas en un lugar irradiado por el sol y ver cómo esta puede mejorar en cierto modo tanto el confort de las personas como el posible ahorro energético en una unidad de acondicionamiento de aire. Este trabajo se basa en un trabajo previo realizado en el Centro Experimental [3].

## 2. Métodos y Equipos

### 2.1 Métodos

Para comprobar la influencia de la conductividad térmica del salón utilizado durante el estudio, así como el efecto que causa la presencia o ausencia de cortinas en las ventanas, se diseñó una prueba experimental denominada 3JR meter, con base en una plataforma Arduino con sensor de temperatura DHT11. Durante la prueba se instalaron dos sensores, uno en el interior y el otro en el exterior del salón. En este estudio no se consideró la influencia que tiene el movimiento de personas dentro del aula y su influencia en la transferencia de calor, por lo que durante las pruebas se verificó que en la misma no se tuvieran clases programadas.

Como parte del estudio, se realizaron mediciones del consumo de energía de la unidad de acondicionamiento de aire tipo Split, utilizando un analizador de calidad de energía.

El confort de las personas se evaluó a través de una encuesta, realizada en formularios google.

Las pruebas de medición de temperatura y del consumo energético se hicieron con las luces encendidas, de manera que se tuvieran las mismas condiciones. Las pruebas se llevaron a cabo durante dos días consecutivos, un día sin ningún tipo de aislante y al día siguiente con láminas de poliestireno expandido en las ventanas.

### 2.2 Equipos

El Arduino empleado durante el estudio consiste en una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Este cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales seis se pueden utilizar como salidas PWM (modulación por ancho de pulsos) y otras seis son entradas análogas. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o con una fuente de alimentación externa.

Los sensores de temperatura DHT11 poseen un coeficiente de calibración que es guardado como un programa en su memoria otp, la cual es usada por el sensor internamente en su proceso de cálculo en la entrada de la señal. Un simple cable conectado de forma serial hace la integración rápida y fácil con el sensor. Su consumo de energía es muy bajo, siendo una buena opción para sus aplicaciones y es uno de los más usados.

De manera más específica posee un rango de medición en temperatura de 0-50 grados Celsius con un factor de precisión para temperatura de más o menos 2% con un voltaje de funcionamiento de 3 a 5.5 VDC. El uso de este sensor posee las características necesarias para el muestreo, ya que nuestras temperaturas tanto ambientes como interiores, se encuentran en el promedio de rango de mediciones de este sensor y que por su costo y accesibilidad cumple con las especificaciones deseadas. Así mismo, las mediciones de temperatura requieren de un dispositivo que cuente con la capacidad de almacenar datos durante la duración de la prueba. Una vez terminado el muestreo, el usuario debe ser capaz de rescatar los datos para su posterior análisis. Estas funciones se cumplen con los sensores DHT11[4].

El dispositivo 3JR meter permite leer datos de temperatura, con base en un sistema embebido con microcontrolador Arduino y sensores de temperatura y de humedad DHT11. A este dispositivo quisimos llamarlo 3JR meter, ya que está adaptado a nuestra necesidad de medición. Este se programó de manera que se tomaran datos cada cinco minutos en un periodo de ocho horas, para establecer rangos aceptables a la hora de tabular y analizar los datos recolectados. Cabe destacar que los datos se recopilaban en la pantalla mediante monitor serial, lo que hace fácil el traslado de información, ya que en este estudio se realizaron pruebas experimentales de corta duración.

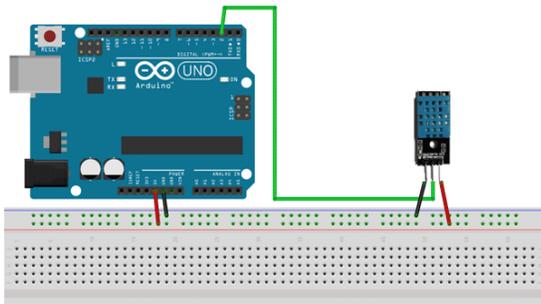


Figura 1. Configuración del 3JR meter.

Para el análisis de energía, se empleó un analizador de calidad de energía AEMC PowerPad Model 3945-B, el cual estaba a nuestra disposición en el campus de la Universidad Tecnológica de Panamá, Sede Azuero. El analizador de calidad de energía empleado en este trabajo es un equipo portátil para análisis y medición de redes de energía eléctrica compacto y resistente a golpes. La toma de datos al acondicionador de aire, en dos ambientes, el primero sin aislante en las ventanas y el segundo con aislante en las ventanas. Cabe destacar que cada medición fue programada para que hiciera captura de datos cada 20 segundos, para un gran manejo de datos y así tener menos porcentajes de error, para que no se diera una alteración a la hora de analizar los resultados. El propósito de esta prueba es ver cuánto sería el ahorro energético en el acondicionador de aire en KWh comparando los dos ambientes antes descritos. Para esto fue necesario localizar el cableado de alimentación del acondicionador y colocar los medidores en sus respectivas posiciones para la posterior medición [5-7].

### 2.3 Espacio de prueba

El espacio utilizado para la prueba experimental con el 3JR meter es un aula de clases dentro del campus de la Universidad Tecnológica de Panamá, sede Azuero (aula CE-10). Cabe destacar que durante el periodo de pruebas el salón no tenía clases programadas, por lo que en el estudio no se tiene el efecto de personas entrando al salón durante las pruebas.

El aula estudiada cuenta con ventanas tipo francesas totalmente transparentes y sin ningún tipo de aislante térmico. Por simple inspección del aula, el sol irradia la misma durante toda la mañana y hasta aproximadamente las 2:30 p. m.

## 3. Resultados

Durante las pruebas, las mediciones en ambos ambientes (ensayo 1 y 2) fueron registradas, obteniéndose 192 datos por ensayo. Se realizaron mediciones en el exterior e interior del salón en dos ambientes diferentes. La temperatura registrada en el exterior del aula de 33°C. En el caso de la prueba que se realizó sin aislamiento, la temperatura interior fue de 27°C, mientras que la prueba que se realizó con aislamiento, la temperatura fue de 24°C.

La tercera y cuarta prueba consistieron en un análisis de calidad de energía, en la que se tomaron medidas de la cantidad de energía consumida con y sin aislante térmico.

Durante estos ensayos, se hizo una captura total de 1440 lecturas, lo que representa 180 datos por cada hora. Estos datos se obtuvieron en KWh. Para la prueba sin aislante se registró un consumo entre 1.6 y 2.4 KWh, mientras que para la prueba que se realizó con aislante, el consumo osciló entre 1.4 y 1.9 KWh. Cabe destacar que todas las pruebas se realizaron durante 8 horas de clase del turno diurno y parte del vespertino.

## 4. Análisis de mediciones

Para este análisis se tomó en cuenta la temperatura del ambiente y del interior del salón. Para comprobar y estudiar más a fondo la transferencia de calor que ocurre, debido al cambio de temperatura, se graficaron los datos obtenidos, tanto en el exterior e interior del salón con aislamiento y sin aislamiento (ver figura 4).

Las pruebas con y sin aislamiento dieron como resultado, para el exterior, temperaturas con poca variación. Después de las diez de la mañana, la temperatura se incrementó tan solo dos grados (entre 32 y 34°C).

Para la parte interior utilizando aislante, se puede observar un comportamiento estacionario. De 12:00 m a 4:00 p. m. la temperatura descendió de 27°C a 24°C. La temperatura en el interior del aula, sin aislamiento se mantiene constante a un valor de 28°C, y cerca de las tres de la tarde, la temperatura desciende a 25°C hasta las cuatro de la tarde, hora en que se finalizaron las pruebas.

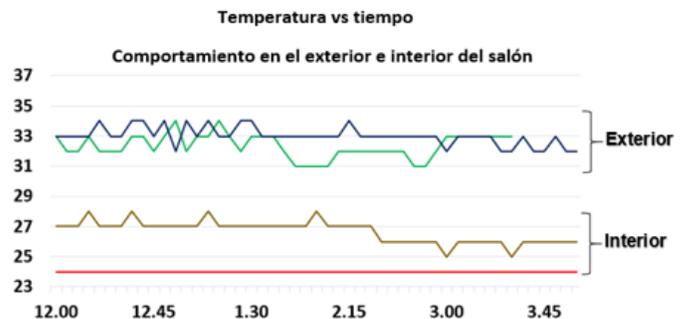


Figura 4. Gráfica de comparación los dos ambientes estudiados con los datos recolectados con el 3JR meter.

Según los datos recopilados con el 3JR meter se puede observar cuales son los puntos críticos (horas) de temperaturas en el periodo de estudio, así como el comportamiento del aislamiento en las ventanas.

Las pruebas utilizando el analizador de energía se hicieron con la finalidad de observar el consumo de energía a lo largo de ocho horas. Se puede decir que el acondicionador de aire necesita trabajar más de lo necesario para mantener el confort. Los datos arrojan que el consumo mayor se presentó entre las 9:30 y 10:30 de la mañana y de 1:30 a 2:30 de la tarde.

En la figura 5 se observa la diferencia entre los dos ambientes y cómo influye el uso de aislante en las ventanas, en el aspecto de consumo energético, lo cual a la larga puede representar un ahorro de dinero significativo.

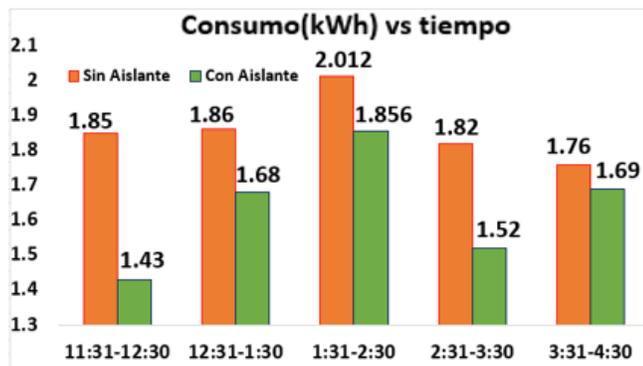


Figura 5. Gráfica de comparación los dos ambientes estudiados con los datos recolectados con el analizador de calidad de energía.

La obtención de estos datos nos dio a entender que sin un aislante el salón está consumiendo más energía, que un salón con aislamiento [8-10].

## 5. Confort de las personas

Se realizó una encuesta a 100 personas dentro de la universidad, en la que se realizaron tres preguntas referentes al confort que se espera tener dentro de un aula de clases. La primera está referida a la opinión que tiene el participante acerca de tener o no cortinas. Los participantes dieron sus respuestas y se obtuvo un 87% de personas que prefieren poner cortinas contra un 13% que prefieren tener el salón expuesto al sol sin cortinas.

Para la segunda pregunta, se tomó como referencia la radiación del sol, y su afectación o problemas que causa a la hora de dar clases. En otras palabras, si suponemos que todo el día está soleado, las radiaciones traen consigo problemas debido a la temperatura del ambiente (generalmente en Panamá está a 31°C tratándose de un valor promedio y asumiendo un horario de entre las 11 y 2 de la tarde). Para esta pregunta, un 58% de personas indicó que les molesta, 13% no le afecta y el 29% restante tal vez le moleste.

Por último, en la tercera pregunta se consultó sobre el tipo de iluminación que se prefiere de las opciones dadas la encuesta (en este caso natural o con lámparas), 62% prefiere las lámparas contra un 38% que prefieren la luz natural del sol.

## 6. Conclusiones

En las pruebas se consideró la influencia del aislamiento de ventanas tanto en la variación de temperatura interior de un recinto, como en el consumo energético.

Con el aislamiento colocado en las ventanas se logra mantener una estabilidad térmica dentro del entorno estudiado, la que se encuentra tres grados Celsius por debajo respecto a la prueba sin aislante.

A través del análisis de Transferencia de Calor se puede obtener la energía que absorbe el salón a través de la pared y ventanas en forma de calor.

Tras los resultados obtenidos por las encuestas de confort, podemos alegar que los encuestados prefieren un espacio con unas condiciones controladas.

Se deben adoptar iniciativas que incentiven el cambio de las prácticas de consumo, enfocado en el desarrollo de una cultura de ahorro e informar permanentemente sobre los resultados de las acciones de ahorro energético.

Finalmente, con el estudio energético ejecutado se extraen los datos que nos muestran un ahorro de 2.05 KWh que representan B/. 0.38 por día y alrededor de B/. 7.70 por mes, lo que significa un ahorro de B/. 77.04 al año, para el salón estudiado. Se puede asumir que hay cinco salones con las mismas características que el salón de prueba, por lo que se puede estimar un ahorro aproximado de B/. 385.20 al año.

## TRABAJO A FUTURO

Entre las variables que se podrían poner en práctica para continuar con el presente proyecto serían la medición de la humedad en el aula de clase, obtención de una mayor cantidad de datos de temperatura y datos de energía (KWh) para varios días y en diferentes estaciones del año (estación seca y lluviosa), así como el estudio con otros tipos de materiales.

## AGRADECIMIENTO

Gracias al Ing. Roberto Cigarruista por la tutoría brindada para el uso del analizador de calidad de energía y por describirnos ciertos parámetros sobre el ahorro energético.

## REFERENCIAS

- [1] Gobierno de la República de Panamá (2014, septiembre 23). [Online]. Disponible: [https://www.presidencia.gob.pa/Noticias/Panama-presenta-estrategia-contra-Cambio-Climatico-ante-Cumbre-sobre-el-Clima-en-Naciones-Unidas-\(Última consulta: 15 de junio de 2018\).](https://www.presidencia.gob.pa/Noticias/Panama-presenta-estrategia-contra-Cambio-Climatico-ante-Cumbre-sobre-el-Clima-en-Naciones-Unidas-(Última consulta: 15 de junio de 2018).)
- [2] MI AMBIENTE. (2015, junio 12). Estrategia Nacional de Cambio Climático de Panamá (ENCCP). Disponible: [http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos\\_CC/Esp\\_Info\\_V.1\\_ENCCP\\_15.12.2015.pdf](http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/documentos_CC/Esp_Info_V.1_ENCCP_15.12.2015.pdf). (Última consulta: 12 de junio de 2018).
- [3] A. García, "Diseño de sistema multidimensional de captura y análisis de datos muestreados basado en sistemas embebidos de bajo costo y código abierto." Trabajo de graduación, Universidad Tecnológica de Panamá, 2016.

- [4] A. García, & K. Navarro (2013, febrero 14). DHT11: Sensor de humedad/temperatura para Arduino. [Online] Disponible: <http://panamahitek.com/dht11-sensor-de-humedadtemperatura-para-arduino/>.
- [5] A. R. Peña, V. A. Gómez, & C. Hernández, “Diseño y construcción de un prototipo de medición de los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica (DES y FES) para usuario residencial”, Revista Lasallista de Investigación, vol. 7, pp. 101-112, julio-diciembre 2010.
- [6] F. Cárdenas & D. Marcillo, “Auditoria energética eléctrica del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito”, tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2012.
- [7] F. Bozinovic, M. Rosenmann, & C. Veloso, “Gasto de energía”, Revista Chilena de Historia Natural, Vol.1, pp. 61, 81-86. junio 1988.
- [8] M. A. Hortal. El ahorro energético: estudios de viabilidad económica. Ediciones Díaz de Santos. 2004.
- [9] A. L. León, Muñoz, & P. Bustamante, “Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cros-Pirotecnia en Sevilla”, Consejo Superior de Investigaciones Científicas Informes de la Construcción, Vol. 62, No 519, 2010.
- [10] E. Hall., “Medidas de ahorro energético adoptadas en la UTP”, Revistas Académicas UTP, Vol. 1, septiembre 2009. Medidas de ahorro energético adoptadas en la UTP”. Universidad Tecnológica de Panamá.

# Suelo-cemento-caliche como una solución sustentable a problemas geotécnicos

## Soil-cement-caliche as a sustainable solution to geotechnical problems

Luis Aparicio<sup>1</sup>, Manuel Campos<sup>1</sup>, Jenesis de León<sup>1</sup>, Traicy Guerra<sup>1</sup>, José Gallardo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería Civil - Centro Regional de Chiriquí-Universidad Tecnológica de Panamá<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Civil – Centro Regional de Chiriquí – Universidad Tecnológica de Panamá<sup>2\*</sup>

**Resumen** El reciclaje de los residuos de concreto y suelos ayuda a reducir los efectos de contaminación debido a las construcciones. Se ha comprobado en diferentes estudios que la mezcla de residuos de concreto en rellenos es factible, de igual manera al incorporar cemento al suelo, ayuda a estabilizar las cimentaciones evitando asentamientos. El artículo analiza la posibilidad de utilizar suelo-cemento-caliche en diseños de mezclas para cimentaciones, muros de contención, capa base de carreteras, entre otros. Los resultados obtenidos en las muestras donde se reemplaza el agregado grueso por caliche arrojaron resultados donde el caliche tiende a aumentar la resistencia en los diseños de mezclas. Por otro lado, el reemplazo de los agregados finos y gruesos por suelo y caliche, tienden a aumentar la resistencia del diseño de suelo-cemento, convirtiendo estas mezclas en soluciones para el uso de estos residuos en las construcciones.

**Palabras clave** Suelo, cemento, caliche, flexión, compresión.

**Abstract** The recycling of concrete and soil waste helps reduce the effects of pollution due to construction. It has been verified in different studies that the mixture of concrete residues in landfills is feasible, in the same way when adding cement to the ground, it helps to stabilize the foundations avoiding settlements. The article analyzes the possibility of using soil-cement-caliche in mixtures designs for foundations, retaining walls, base layer of roads, among others. The results obtained in the samples where the coarse aggregate is replaced by caliche yielded results where the caliche tends to increase the resistance in the mix designs. On the other hand, the replacement of fine and coarse aggregates by soil and caliche, tend to increase the resistance of the soil-cement design, converting these mixtures into solutions for the use of these residues in buildings.

**Keywords** Soil, cement, caliche, flexion, compression.

\* Corresponding Author: jose.gallardo@utp.ac.pa

### 1. Introducción

El suelo es el material orgánico e inorgánico ubicado en la superficie de la tierra. Es considerado materia inerte, pero es capaz de dar vida debido a los compuestos químicos que la forman. El suelo es necesario para la agricultura, la minería y las actividades humanas. En la actualidad juega un papel importante en el área de la construcción, ya que el éxito de los proyectos se basa en los estudios preliminares que se realizan al suelo. Estos estudios proporcionan el espesor del suelo, la composición geológica, el nivel freático y la capacidad de resistencia. Estas características nos permiten conocer los tipos de cimentaciones que se adecuan al lugar.

En algunos casos el suelo donde se requiere realizar construcciones posee características desfavorables, esto conlleva al reemplazo o mejoramiento con un suelo favorable.

Una forma de mejorar el suelo es mezclándolo con cemento. La utilización de la mezcla suelo-cemento genera materiales estructurados artificialmente con tejido estable, esto debido a la presencia de enlaces artificiales y es por esto son utilizados como capas de base de carreteras, como también en pavimentos [1]. En los estudios realizados se dice que el suelo a pesar de sus características aislantes, inerciales y resistentes, son reducidas, debido a la humedad y se erosiona por acción de agentes externos [2], es por ello que empleando cemento, el cual constituye el medio estabilizante, esta mejora las condiciones del suelo respecto a la acción de agentes como la humedad, dándole características de estabilidad y resistencia [3]. Este uso de suelo tiene su justificación y la primera de ellas está en su extraordinaria abundancia: el 74% de la corteza

terrestre es tierra: lo que determina su fácil y amplia disponibilidad y como consecuencia su bajo costo [4].

El objetivo general de la investigación es analizar la resistencia a compresión y flexión de mezclas de suelo-cemento-caliche, el cual se utiliza como un elemento estructural que da una solución geotécnica en muro de contención, estabilización del suelo y problemas de asentamientos en arcillas expansivas. En el 2015, Juan Manuel Quintero [5] determinó que al aumentar las proporciones de caliche tiene como consecuencia un aumento en la cantidad de cemento para cumplir con la resistencia esperada. Sin embargo, en otros estudios Piotr León Narlocha [6] demostró que se puede garantizar la capacidad de carga del dintel para una mezcla de suelo con 9% y cemento Portland modelado en el *software* FEM aplicado en paredes de vivienda de baja altura. Mientras que Jianguo Fan [7] observó que para obtener un mejor valor de cohesión hay que tener en cuenta la dosificación de cemento, como también el tipo de suelo, ya que la cohesión aumenta cuando la carga última incrementa, por lo que es un factor influenciado por muchos parámetros.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Materiales

Para el desarrollo de las pruebas de nuestro estudio elegimos materiales de uso común como lo son: caliche, cemento estructural tipo I, suelo, grava, arena, agua, moldes de vigueta y cilindros.

La figura 1 muestra algunos de los materiales y lugar de trabajo utilizado para realizar nuestra investigación.

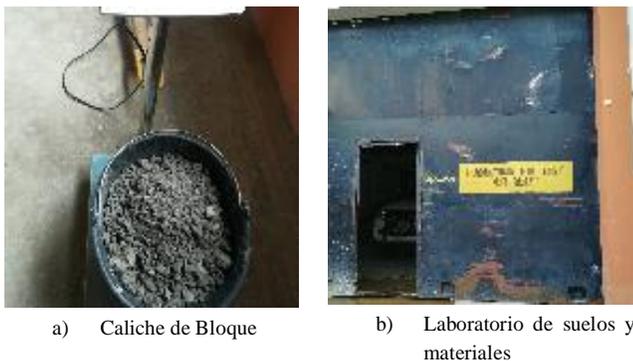


Figura 1. Materiales, herramientas e instalaciones utilizadas.

### 2.2 Diseño Experimental

Para obtener las resistencias a compresión y flexión del suelo-cemento-caliche se aplicaron las normas ASTM C31, ASTM C39 y ASTM C78. Se planteó el uso de un patrón, es decir, una muestra, la cual será diseñada como concreto estructural para una resistencia de 28 MPa e ir sustituyendo el agregado grueso y fino en tres proporciones.

De cada una de las mezclas se fabricaron dos cilindros y una vigueta, a los cuales se le realizaron las pruebas de resistencias a los siete días de edad, la nomenclatura se muestra en la tabla 1.

La tabla 2 muestra el valor de diseño del patrón para  $1 m^3$  y la cantidad de concreto de agua, cemento, agregado grueso y fino, caliche y arcilla necesario para cada una de las pruebas.

La tabla 3, muestra las proporciones de los materiales para las mezclas P01, P02, P03 y P04.

### 2.3 Programa experimental

Para el desarrollo de la prueba realizamos los siguientes pasos:

#### 2.3.1 Obtención del caliche y del suelo

Al ser el caliche un material reciclado producto de la demolición de estructuras, su composición es variante, por este motivo se tienen dos fuentes de caliche, una de bloques de construcción y el otro producto de la trituración de cilindros de concreto, a un tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ ".

Para el suelo utilizamos un tipo de arcilla a la cual le realizamos las pruebas granulométricas cuyos resultados se muestran en la tabla 4.

#### 2.3.2 Mezcla, proceso de vaciado y toma de espécimen

Se realizó el mismo proceso para la mezcla de las cuatro pruebas, basados en las cantidades presentadas en la tabla 2.

Tabla 1. Nomenclatura y descripción de los cilindros y viguetas de las pruebas

Nomenclatura	Descripción
P01-C1 P01-C2 P01-V1	Cilindros y vigueta patrón, respectivamente. Concreto diseñado para una resistencia a compresión a los 28 días de curado de 4 ksi.
P02-C1 P02-C2 P02-V1	Cilindros y vigueta, respectivamente, con un remplazo del 50% del agregado grueso del patrón por caliche a razón de 40% de caliche $\frac{3}{4}$ " máximo y 60% de caliche bloque.
P03-C1 P03-C2 P03-V1	Cilindros y vigueta, respectivamente, con un remplazo del 50% del agregado grueso del patrón por caliche a razón de 40% de caliche $\frac{3}{4}$ " máximo y 60% de caliche bloque y un remplazo del 50% de agregado fino del patrón por arcilla.
P04-C1 P04-C2 P04-V1	Cilindros y vigueta, respectivamente, con un remplazo del 100% del agregado grueso del patrón por caliche a razón de 50% de caliche $\frac{3}{4}$ " máximo y 50% de caliche bloque y un remplazo del 100% de agregado fino del patrón por arcilla.

Tabla 2. Cantidad de material necesario para realizar las mezclas de los cilindros y la vigueta de cada prueba

Material	P01 (kg)	P02 (kg)	P03 (kg)	P04 (kg)
Agua	7.47	7.47	7.47	7.47
Cemento	13.11	13.11	13.11	13.11
Agregado Grueso	38.96	19.48	19.48	0.000
Agregado Fino	25.85	25.85	12.93	0.000

Caliche	0.000	19.48	19.48	38.96
Arcilla	0.000	0.000	12.93	25.39
Caliche 3/4	0.000	7.79	7.79	12.86
Caliche Bloque	0.000	11.69	11.69	12.86

Tabla 3. Dosificación de materiales en porcentajes

Material	P01 (%)	P02 (%)	P03 (%)	P04 (%)
Agua	9	9	9	9
Cemento	15	15	15	15
Agregado Grueso	46	23	23	0
Agregado Fino	30	30	15	0
Caliche	0	23	23	46
Arcilla	0	0	15	30

Table 4. Resultados de la Granulometría de la Arcilla y Caliche de Bloques

# Tamiz	% Que pasa	
	Arcilla	Caliche Bloque
3/8"	-	94.36
#4	91.58	61.01
#8	-	37.30
#10	67.75	-
#16	-	23.29
#20	44.79	-
#30	-	14.55
#40	23.65	-
#50	-	9.67
#60	11.56	-
#100	3.04	6.16
#200	0.11	2.63

### 2.3.3 Proceso de desencofrado y curado

Los cilindros y viguetas ya vaciados con sus respectivas mezclas, los cubrimos y procedimos a desencofrarlos a las 46 horas.

Posteriormente los colocamos en la tina con agua y cal, hasta cumplir la edad de 7 días.

### 2.3.4 Pruebas de flexión y compresión

Para realizar las pruebas se siguieron los pasos establecidos por las normas ASTM C31, ASTM C39 y ASTM C78.

Para el cálculo del módulo de rotura de las viguetas utilizamos la ecuación (1) señalada en la Norma ASTM C78.

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (1)$$

Donde:

$R$  = Módulo de rotura,  $\frac{kg}{cm^2}$

$P$  = carga máxima aplicada indicada por la máquina de prueba,  $kg$ .

$L$  = Longitud entre apoyo, 45 cm.

$d$  = profundidad promedio de la muestra, cm.

$b$  = ancho promedio de la muestra, cm.

En la figura 3 se muestra las fallas presentadas en los diferentes cilindros de pruebas.



a) Fallas en los cilindros

b)Falla presentada en P03-C2

Figura 2. Cilindros después de realizada la prueba.

## 3. Materiales y métodos

### 3.1 Resultados

Las pruebas se realizaron según lo establecido en el programa experimental, obteniéndose los resultados de las pruebas de compresión y flexión a los siete días de curado, dichos resultados son mostrados en la tabla 5 y tabla 6 respectivamente. Para el cálculo de la resistencia a compresión se tiene un área de cilindro de 176.71  $cm^2$ .

Tabla 5. Resistencia a compresión a los 7 días de curado

Prueba	Carga Total (kg)	Resistencia a Compresión ( $\frac{kg}{cm^2}$ )	Resistencia a Compresión (ksi)
P01-C1	32304.18	182.8	2.6
P01-C2	32304.18	182.8	2.6
P02-C1	35004.18	198.1	2.8
P02-C2	36404.18	206.0	2.9
P03-C1	18404.18	104.1	1.5
P03-C2	18404.18	104.1	1.5
P04-C1	14204.18	80.4	1.1
P04-C2	14104.18	79.8	1.1

Para realizar el cálculo del módulo de rotura se utilizó la ecuación (1) y los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Módulo de Rotura a los 7 días de curado

Prueba	b (pulg)	d (pulg)	Carga Total (lb)	Módulo de rotura	
				Kg/cm <sup>2</sup>	Psi
P01-V1	6.1	6.1	3279.56	18.29	260.08
P02-V1	6.1	7.5	8889.08	32.78	466.31
P03-V1	6.1	6.3	4479.08	23.41	333.00
P04-V1	6.1	6.1	4479.08	24.97	355.20

### 3.2 Análisis de Resultados

De los resultados mostrados, se puede observar que el comportamiento es algo de lo esperado, a medida que

aumentamos la proporción de suelo en la mezcla, el resultado a compresión ha ido disminuyendo.

En la prueba patrón P01 notamos que el valor ideal de un concreto normal da una resistencia a los siete días de curado de  $183 \frac{kg}{cm^2}$ .

La P03 alcanzó una resistencia de  $104.1 \frac{kg}{cm^2}$ , un valor por debajo del patrón sin embargo está dentro del rango de un concreto pobre de  $91.39 \frac{kg}{cm^2}$ , y la P04 queda debajo de este valor con una resistencia de  $80.1 \frac{kg}{cm^2}$ .

El suelo-cemento tiene una resistencia de  $74 \frac{kg}{cm^2}$  [1], la P04 muestra un claro incremento en la resistencia al incorporar el caliche y esta diferencia es aún más notoria en P03.

Cuando el patrón es comparado con la P02 se aprecia un aumento en la resistencia del concreto hasta  $202 \frac{kg}{cm^2}$ , demostrando que el caliche es una muy buena forma de mejorar el concreto, que es un resultado constante en otras investigaciones [8], [9]. Este resultado se debe primordialmente, a la capacidad de absorción que posee el caliche haciendo que la relación agua cemento disminuya y así arrojar una resistencia mayor [10].

La P01 y P02, mantenían una relación  $\frac{A}{C} = 0.57$  con lo cual debe arrojar una resistencia de  $183 \frac{kg}{cm^2}$  a los siete días, que es lo obtenido en P01. Sin embargo, para P02 la resistencia es de  $202 \frac{kg}{cm^2}$  que no corresponde a su relación A/C, lo que nos lleva a pensar que la capacidad de absorción del caliche disminuyó esta relación. Las correcciones de humedad y absorción no fueron realizadas para el caliche, las cuales tenía 4.48% y 8.67 % respectivamente, arrojando una corrección de agua de 0.49 kg. Esto baja la relación agua cemento a  $\frac{A}{C} = 0.532$ , lo cual corresponde a una resistencia de  $199 \frac{kg}{cm^2}$ , lo cual explica de gran manera estos resultados. A pesar de ello deja la puerta abierta para tomar en cuenta otros factores como la presencia de cemento en el caliche y el proceso de endurecimiento del concreto en el tiempo.

Al observar la tabla 6 los resultados muestran un módulo de rotura mayor para P02, P03, P04, al compararlos con P01; lo cual muestra que, al agregar suelo y caliche a la mezcla, se incrementa la resistencia máxima en la fibra.

## 4. Conclusiones

Obtenidos los resultados y haciendo un análisis de ellos, tenemos las siguientes conclusiones:

- Estos resultados son una muestra clara de la capacidad del caliche para ser un material que aporta resistencia al suelo-cemento y aún más al concreto regular, lo cual reduce la cantidad de materiales no renovables necesarios para la mezcla de concreto.
- Si se comparan las pruebas P03 y P04, al agregar mayor cantidad de suelo y caliche reemplazando el agregado fino

y grueso, respectivamente, del 50% al 100%, la resistencia a compresión va a ir disminuyendo hasta aproximadamente un 27%, como se muestra en la tabla 5.

- La mezcla de cemento-caliche dio muy buenos resultados, donde al mantener la relación A/C, se puede obtener por mínimo, la misma resistencia que del concreto normal, permitiendo al caliche ser un sustituto de los agregados no renovables.
- Esta investigación deja el camino abierto para realizar más estudios sobre los aportes a la resistencia del caliche al concreto y a mezclas de suelo-cemento, para encontrar de una vez por todas una solución a este tipo de desperdicios.
- La arcilla disminuye la resistencia.

## RECOMENDACIONES

Basados en la tabla 3, donde se muestra las proporciones de los materiales para la mezcla de suelo-cemento-caliche, recomendamos las siguientes aplicaciones:

- Utilizar las proporciones de la P03 como un sustituto ideal para el concreto de 2 ksi o concreto de baja resistencia.
- En las cimentaciones se suele utilizar un concreto de 2 ksi, de alrededor de 5 a 10 cm de espesor, sobre el cual se inicia el vaciado de las cimentaciones, este concreto puede ser reemplazado por las proporciones de la P03.
- Para cualquier uso donde se requiera un material con una resistencia a compresión menor a 1.7 ksi, se recomienda la proporción P04.
- Para la capa base la resistencia se encuentran entre 20 y  $100 \frac{kg}{cm^2}$  [11], para el cual la proporción P03 es una solución viable.
- Para el diseño estructural de muros con un concreto de 4 ksi, se recomienda la proporción P02.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Lcdo. Arístides Perén y al Ing. Pedro Aparicio por su colaboración, y contribuir con sus conocimientos y tiempo a nuestra investigación. También por permitirnos el acceso al Laboratorio de suelos y materiales, y todas las herramientas y equipo que requerimos.

## REFERENCIAS

- [1] Daniel Ribeiro, Raquel Néri, and Rafaela Cardoso. Influencia del contenido de agua en el UCS de mezclas suelo-cemento para diferentes dosis de cemento. *Advances in Transportation Geotechnics 3. The 3rd International Conference on Transportation Geotechnics (ICTG 2016)*.
- [2] Barros, L. P., et al. (2010). Resistencia sísmica del suelo-cemento postensado en construcciones de baja complejidad geométrica.
- [3] Mariana P. Gatani (2000). Ladrillos de suelo-cemento:mampuesto tradicional en base a un material sostenible.

- [4] José Toirac Corral. (2008). El suelo-cemento como material de construcción.
- [5] Juan Manuel Quintero Esquivel (2017). Suelo-cemento con sustitución en franja granulométrica con concreto reciclado.
- [6] Piotr Leon Narlocha, et al. (2015). Flexural tensile strength of construction elements made of cement stabilized rammed earth.
- [7] Jianguo Fan, Dongyuan Wang, Duo Qian (2018). Soil-cement mixture properties and design considerations for reinforcedexcavation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* xxx.
- [8] Dominguez Lepe. J. A. y Martínez L. Emilio (2007). Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas.
- [9] Ángela María Hincapié Henao, Elisa Andrea Aguja López (2003). Agregado reciclados para morteros.
- [10] I.E. Martínez-Soto, C.J. Mendoza-Escobedo (2005). Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados.
- [11] Mario Arce (2011). Bases estabilizadas con cemento, algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes. *Boletín Técnico PITRA*.

# Tratamiento y reutilización del agua residual de lavadora

## Treatment and reuse of washer wastewater

Efraín Sianca<sup>1</sup>, Grisneyly Castro<sup>1</sup>, Liz Him<sup>1</sup>, Marlenys Gómez<sup>1</sup>, Fabio Velarde<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Licenciatura en Ingeniería Industrial – Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica – Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** En este artículo se presenta el diseño y funcionamiento de un sistema de tratamiento de agua residual de lavadora; el cual consiste en la recolección del agua que será tratada mediante el proceso de floculación y luego pasará a ser filtrada obteniendo así el agua limpia que será reutilizada para el siguiente proceso de lavado y otros usos en el hogar.

**Palabras clave** Agua residual, coagulación, filtración, floculante, reutilización.

**Abstract** This article presents the design and operation of a wastewater treatment system for washing machines; which consists in the collection of the waste water which is then treated through the flocculation process and finally filtered obtaining clean water that could be reused for the next washing process or other uses in the home.

**Keywords** Waste water, coagulation, filtration, flocculant, reuse.

\* Corresponding Author: fabiovelarde@hotmail.com

### 1. Introducción

Este proyecto se basa en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para los hogares. En los hogares uno de los principales procesos internos es el lavado de ropa, por esta razón el consumo de agua es bastante elevado. Debido a esto se puede decir que el diseño de este proyecto se enfoca en aprovechar y reutilizar el agua de la lavadora después de cada proceso de lavado, evitando así el desperdicio del recurso y a la vez generando una disminución en el consumo del agua.

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. En el mundo existen diferentes métodos y formas de realizar tratamientos para el agua, los cuales son implementados según el grado de contaminación que se presente [1].

El tratamiento conlleva los siguientes pasos:

➤ **Tratamiento primario:** En esta etapa se busca eliminar los sólidos suspendidos por medio de métodos como la sedimentación, usando tratamientos físicos y fisicoquímicos. Normalmente se busca dejar el agua en reposo en tanques para realizar el proceso de sedimentación natural o por gravedad, también se pueden agregar

productos químicos que ayudan a sedimentar los sólidos de manera más eficiente como los floculantes.

- **Sedimentación:** consiste en la separación, por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua y no pueden retenerse en las unidades de pretratamiento, por su finura o densidad, ni pueden separarse por flotación [2].

➤ **Tratamientos Químicos:** Son procesos que permiten realizar tratamientos a las aguas de manera más eficiente y rápida. Consisten usualmente en adicionar reactivos químicos que logran realizar ciertas actividades de separación de sólidos suspendidos en el agua para facilitar la sedimentación de los mismos.

- **Coagulación:** Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado [3].

- **Floculación:** La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad [4].

## 2.2 Sistema de reutilización

La reutilización de las aguas es una forma de volver a utilizar el recurso hídrico varias veces en procesos cotidianos que no requieran de aguas muy potabilizadas.

De acuerdo a lo anterior, podemos entender que la reutilización del agua en un proceso cíclico en el cual se vuelva a dar uso al recurso hídrico mediante algún tipo de sistema cerrado.

## 3. Materiales

**Tabla 1.** Materiales utilizados en la construcción del sistema.

Material	Cantidad
Tanque de 20 litros	1
Tanque chico	1
Flanjer de ½"	1
Válvula de ½" de PVC	2
Conector macho de ½" de PVC	4
Conector hembra de ½" de PVC	4
Angulo de 90° de ½" de PVC	2
Tubo PVC de ½"	60 cm
Tubo PVC de 4"	50 cm
Tapa PVC para tubo de 4"	2
Cinta de teflón	Un rollo
Tapa de plástico grande	1
Llave de jardín PVC	1
Carbón vegetal	1 bolsa
Algodón	
Colador	1
Segueta	1
Tijeras	1
Lija	1
Angulo de aluminio	1
Alumbre	20 a 50 g

## 4. Descripción del sistema

### 4.1 Descripción física

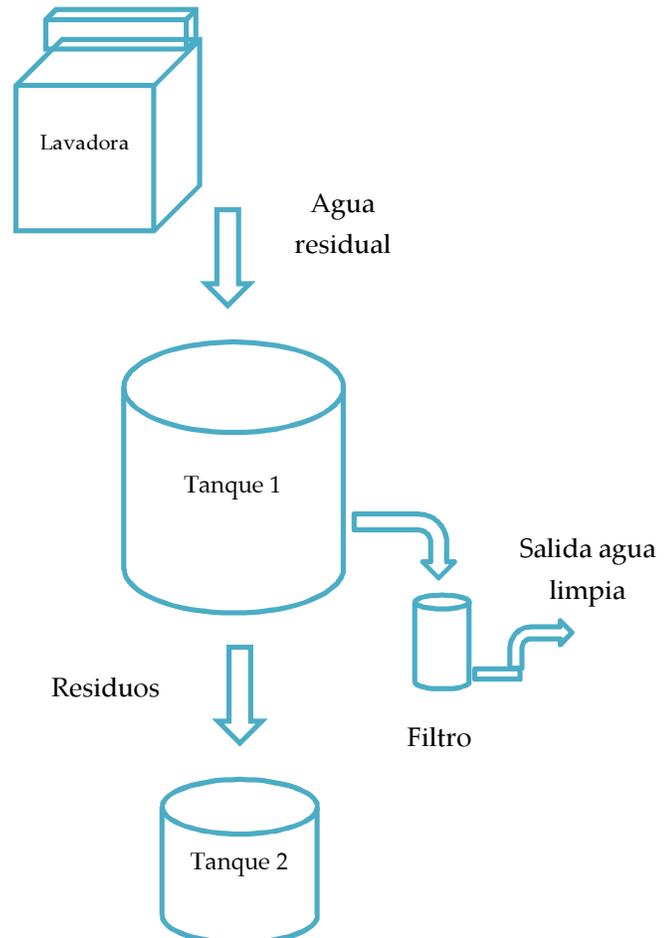
El sistema consta de dos tanques; uno de almacenamiento de agua (tanque 1), del cual se conecta una tubería que lleva a la válvula conectada con el filtro y del filtro a la llave; y otro de almacenamiento de residuos (tanque 2), que se encuentra conectado debajo del tanque de almacenamiento de agua.

### 4.2 Descripción del proceso

El agua desechada de la lavadora es acumulada en el tanque 1 donde se le adiciona el coagulante, se mezcla de tres a cinco minutos y deja reposar durante 30 a 60 minutos para que los sólidos suspendidos se sedimenten, luego se abre la válvula para que el agua pase al filtro y quede libre de residuos para ser

reutilizada. Después todo el proceso anterior se hace el lavado del tanque 1 y los residuos son acumulados en el tanque 2.

## 5. Diagrama de flujo del sistema



**Figura 1:** Diagrama de flujo del sistema.

## 6. Diseño del sistema

Para llevar a cabo el diseño del sistema se tuvo en cuenta una serie de parámetros que contribuyen a la recolección, tratamiento y reutilización del agua, los cuales son:

### 6.1 Almacenamiento del agua residual

Se contará con un tanque de almacenamiento que tenga capacidad de 20 litros, cuyo llenado se hará directamente desde el tubo de drenaje de la lavadora. El agua permanecerá en reposo durante 24 horas.

## 6.2 Coagulación

Para la sedimentación se utilizará como coagulante el alumbre; con una dosificación de unos 20 a 50 g para el tratamiento.

## 6.3 Mezclado

Se utilizará como agitador un ángulo de aluminio para mantener la mezcla lo más homogénea posible y controlada, revolviendo de manera circular y vigorosamente durante tres a cinco minutos.

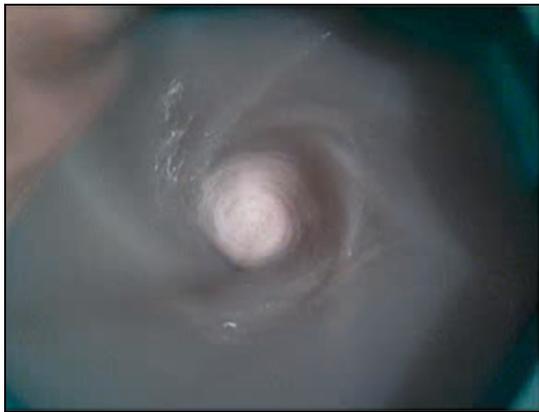


Figura 2. Mezclado del coagulante con el agua residual.

## 6.4 Tiempo de tratamiento

Se deja sedimentar, luego del mezclado del agua con el coagulante, aproximadamente 30 a 60 minutos.



Figura 3. Sedimentación de los residuos.

## 6.5 Filtración

El tipo de filtro utilizado es de carbón activado, con una altura de 30 cm y diámetro de cuatro pulgadas. El filtro está compuesto por carbón vegetal, algodón y rejilla de plástico.

Para la limpieza del filtro se realizó un cambio, tanto del algodón como el carbón vegetal y otra opción sería el lavado del carbón y reemplazo del algodón [5].



Figura 4. Filtro de carbón.

## 6.6 Transporte del agua

El transporte del agua desde el tanque de almacenamiento de agua residual hasta el filtro y del filtro a la llave, se dio a través de tubos PVC de 1/2”.



Figura 5. Tubería de transporte del agua.

## 6.7 Lavado del tanque

Se armó un tipo de drenado debajo del tanque de almacenamiento, mediante tubería con válvula, el cual permite evacuar los residuos y almacenarlos en otro compartimiento, quedando el sistema listo para su siguiente uso.

## 7. Beneficios

Mediante la ejecución del sistema de tratamiento de agua residual de lavadora se obtienen beneficios ambientales, ya que se espera disminuir los efectos que generan estas aguas al medio ambiente; y también se obtendrán beneficios económicos, es decir, tener un ahorro en el consumo del agua en los hogares, ya que el agua obtenida se reutiliza para un siguiente proceso de lavado, así como otros usos que no sean de consumo humano.

## 8. Resultados

Como resultado después de los procesos por los que pasa el agua residual de coagulación, floculación y filtrado; se obtiene el agua limpia sin residuos que será reutilizada.



Figura 6. Agua residual almacenada.



Figura 7. El agua luego del proceso de coagulación/floculación.



Figura 8. El agua luego de ser filtrada y lista para ser reutilizada.

## 9. Conclusiones

- Mediante este sistema se puede reducir el consumo del agua en el hogar ya que se reutiliza a parte del proceso de lavado, en otras actividades.
- El sistema de tratamiento y reutilización de agua residual, es un sistema fácil de construir y a un costo moderado.
- La reutilización del agua es un mecanismo que beneficia el medio ambiente.
- Un limitante con el que cuenta el sistema diseñado es el tamaño, ya que depende de la disposición de espacio con el que se cuente en los hogares.
- El agua obtenida no es apta para el consumo humano.

## AGRADECIMIENTO

Primero que todo agradecemos a Dios por brindarnos la sabiduría y salud en poder desarrollar este proyecto, a nuestras familias y a nuestro profesor asesor Fabio Velarde.

## REFERENCIAS

- [1] "Tratamiento de aguas residuales", Es.wikipedia.org, 2018. [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales). [Último acceso: 01- Jun- 2018].
- [2] "U5. Sedimentación: General", Cidta.usal.es, 2018. [Online]. Available: [http://cidta.usal.es/cursos/agua/modulos/Conceptos/uni\\_04/u5c3s1.htm#Anchor2](http://cidta.usal.es/cursos/agua/modulos/Conceptos/uni_04/u5c3s1.htm#Anchor2). [Último acceso: 09- Jun- 2018].
- [3] Y. Andía, «Tratamiento de agua - coagulación y floculación - Sedapal,» Abril 2000. [En línea]. Available: [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154). [Último acceso: 9 Junio 2018].
- [4] Y. Andía, «Tratamiento de agua - coagulación y floculación - Sedapal,» Abril 2000. [En línea]. Available: [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154). [Último acceso: 9 Junio 2018].
- [5] Carbotecnia, «Carbotecnia,» 7 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>. [Último acceso: 9 Junio 2018].

# Estimación del volumen del neumático de desecho y alternativas de reutilización

## Volume estimation of waste tires and their reuse alternatives

Lisette González<sup>1</sup>, José Lu<sup>1</sup>, Ana Rivera<sup>1</sup>, Maritza Cedeño<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Licenciatura en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, <sup>2</sup> Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá, Grupo de Investigación de Azuero en el Área Empresarial

**Resumen** La siguiente investigación se fundamenta en estimar el volumen de neumáticos de desechos en el Corregimiento de Chitré, Provincia de Herrera, República de Panamá. Se estimó que se desechan por semana, 900 neumáticos, lo cual representa un peso de 8.892 ton/semana. Con la cifra anterior se identificó la capacidad de una trituradora en 0.2 ton/h con el fin de obtener los neumáticos triturados en un tamaño de 25 a 300 mm orientados a la exportación o para la reutilización, como combustibles en plantas industriales de fabricación de cemento, papel, ladrillos, entre otras.

**Palabras clave** Automóvil, contaminación, desecho, neumático.

**Abstract** In the following investigation, a volume estimation of waste tires in the Corregimiento of Chitré, Province of Herrera, Republic of Panama was conducted. It was estimated that 900 tires are discarded per week, which represents a weight of 8,892 Kg. With the previous figure, we identified a tire crusher with a capacity of 0.2 ton / h in order to obtain crushed tires pellets the size of 25 to 300 mm that could be exported or re-use as fuels in industrial plants of manufacture of cement, paper, bricks, among others.

**Keywords** Car, contamination, scrap, tire.

\* Corresponding Author: maritza.cedeno@utp.ac.pa

### 1. Introducción

Es común observar en el entorno en que vivimos grandes columnas de humo negro, producto de la tóxica combustión de los residuos, entre ellos los neumáticos desechados en los vertederos. Los neumáticos se han diseñado para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas fuertes, además poseen un gran poder calorífico, por lo que se dificulta su extinción si hay un incendio. El neumático está formado por hule natural que se origina en mayor parte del árbol *Hevea brasiliensis* y hule sintético proveniente del petróleo. Ambos materiales se combinan con otros productos para brindar firmeza, flexibilidad y varias características requeridas [1].

Existen diferentes tipos y marcas de neumáticos en Panamá. Como ejemplo las marcas más importantes en el mercado panameño son: Kumho, Linglong, Westlake, Hankook, Michelin. En la tabla 1 se muestra la estructura básica de un neumático cuyas partes principales son, la banda de rodadura, lonas de cima y talón [2]. En la figura 1 se observan las partes principales de un neumático y algunas partes secundarias.

Tabla 1. Estructura de un Neumático

Estructura de un Neumático	
<b>Banda de rodadura</b>	Superficie del neumático, formada por caucho que tiene marcado el diseño designado.
<b>Flancos o laterales</b>	Conformado por goma flexible para las deformaciones que sufra el mismo, protege al neumático de golpes laterales.
<b>Carcasa</b>	Integrado por fibras textiles en arcos dispuestos en ángulos rectos y permiten resistir la presión que sufren los neumáticos.
<b>Talón</b>	Interior del neumático que se adapta a las mismas, está formado acero trenzado y circular.
<b>Lonas de Cima</b>	Son cables de acero fino y duradero, trenzados oblicuamente y unidos unos a otros formando triángulos indeformables, garantizando firmeza y flexibilidad.
<b>Cinturón de Acero</b>	Es un trenzado metálico de acero que forma estructura o armazón del neumático.

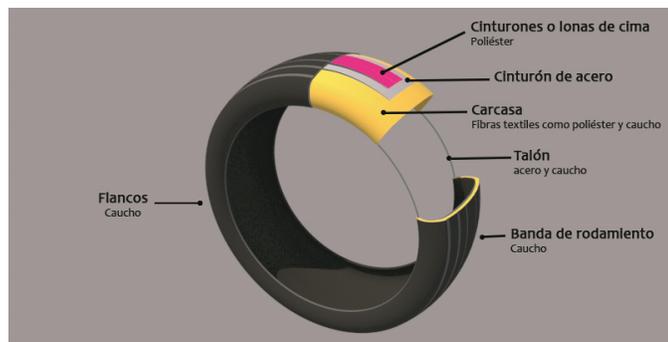


Figura 1. Partes de un neumático. Fuente: Elaboración de los autores.

Los materiales que se pueden separar de un neumático usado para ser aprovechados son el caucho, por sus propiedades mecánicas, el metal como el acero y la fibra por su gran poder calorífico y de aislamiento. En cuanto a la vida útil de un neumático, esta depende del mantenimiento del vehículo y el estado de las rutas por donde transita y se estima que es aproximadamente 50 mil kilómetros (km), lo que representa aproximadamente, cinco años [3]. También se han estimado los pesos promedios de los neumáticos, según el tipo de automóvil, como se muestra en la tabla 2 [4].

Tabla 2. Peso promedio según tipo de neumáticos

Tipo de neumáticos	Peso Medio (kg/neumático)
Automóvil	5.91
vehículos 4x4	13.5
vehículos comerciales	10.58
Camiones	52.67
vehículos agrícolas	12.53
vehículos agrícolas (ruedas motrices)	64.72
vehículos industriales(8-15'')	22.75
maquinaria (<12-24'')	52.41
maquinaria(>12-24'')	245.35
motocicletas (>50cc)	4.10
motocicletas (<50cc)	0.84

El volumen de neumáticos de desecho, depende de los vehículos en circulación. En la figura 2 podemos observar, para la República de Panamá, el aumento de esta cifra en el periodo 2012-2016 [5].

En 2016, en la República de Panamá circulaban 771,276 vehículos y según otras cifras de la Contraloría General de la República, en la Provincia de Herrera circulan 19,346 vehículos. Lo anterior se transforma en una problemática preocupante en materia medio ambiental que exige desarrollar

una vía factible para mitigar el efecto contaminante que genera el maltratamiento de los neumáticos de desechos.

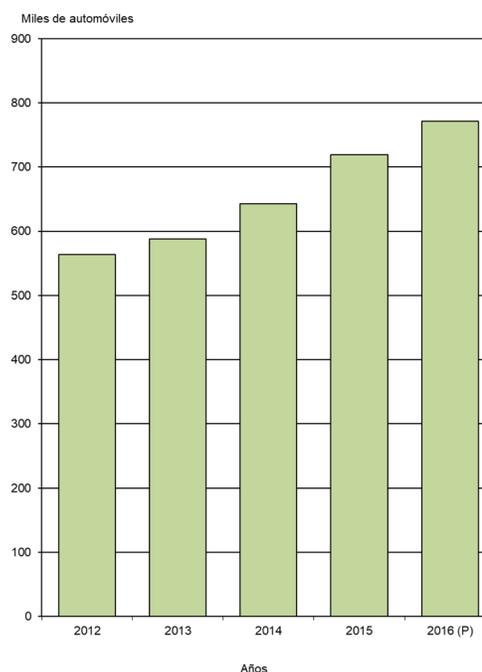


Figura 2. Automóviles en circulación en la República de Panamá 2012-2016.

Panamá actualmente solo cuenta con un anteproyecto de ley No. 118 que regula los desperdicios de neumáticos, pero el mismo no incorpora ningún proyecto que beneficie en aspectos económicos, ambientales y de salud pública.

La investigación se desarrolla en el corregimiento de Chitré Cabecera, Distrito de Chitré, Provincia de Herrera, República de Panamá, con el objetivo de estimar el volumen de neumáticos de automóviles que se desechan en los talleres, identificar el destino de desechos y plantear alternativas de solución.

## 2. Metodología

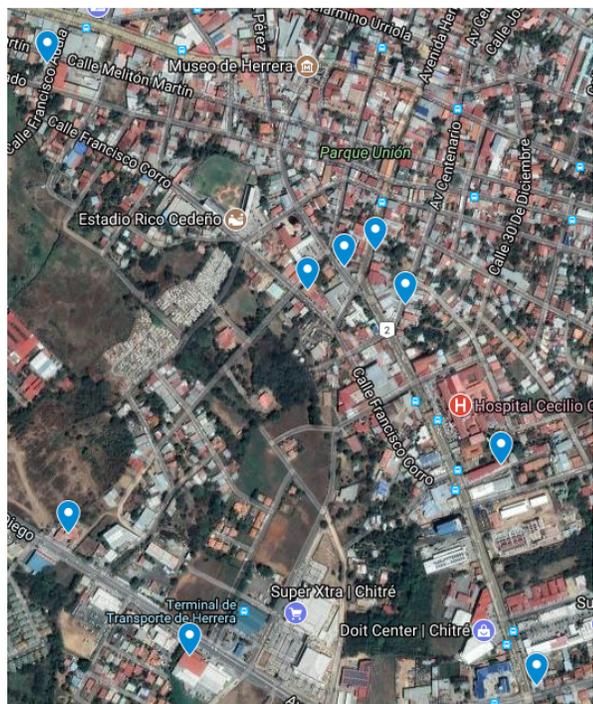
Se desarrolló una investigación de tipo exploratoria y descriptiva con la siguiente metodología:

- Revisión exhaustiva de publicaciones relativas al tema.
- Definición e identificación de los talleres dedicados al cambio de neumáticos en el Distrito de Chitré.
- Se determinó que Chitré Cabecera cuenta con nueve talleres que se dedican al cambio de neumáticos.

En la figura 3 se muestra la ubicación geográfica de estos talleres.

- Se diseñó una guía de entrevista y se aplicó, a los dueños de los 9 talleres para estimar el volumen de neumáticos desechados por semana y su posterior forma de desechos.

- En los datos obtenidos se realizaron comparaciones y se hicieron estimaciones.
- Se proponen alternativas para la problemática planteada.



**Figura 3.** Ubicación de talleres dedicados al cambio de neumático en el Corregimiento de Chitré Cabecera. **Fuente:** Google Map.



**Figura 4.** Taller Ubicado en el Corregimiento de Chitré Cabecera.

### 3. Resultados y Discusión

Según los datos de la figura 2, en Panamá existían en circulación, hace cinco años, en 2013, 588,088 automóviles; tomando en cuenta el valor promedio de la vida útil de la duración de un neumático, cinco años, para 2018, se estarían desechando 2, 352,352 neumáticos en la República de Panamá. Para el caso del Distrito de Chitré Cabecera, la cantidad y volumen de neumáticos de desecho por semana, estimada mediante la entrevista realizada a los dueños de talleres, se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Promedio aproximado de neumáticos que se desechan en los talleres, Corregimiento de Chitré Cabecera y forma de desecharlos, por semana.

Talleres	Aproximación de desperdicios de neumáticos a la semana	Tratamiento
1	30	Vertedero de Chitré
2	15	Vertedero de Chitré
3	200	Vertedero de Patacón Panamá
4	30	Recogidas por Ciudadanos
5	35	Recogidas por Ciudadanos
6	20	Recogidas por Ciudadanos
7	300	Vertedero de Patacón Panamá
8	250	Vertedero de Patacón Panamá
9	20	Vertedero de Chitré
Total: 900 neumáticos / semana		

**Fuente:** Elaboración de los autores.

Bajo la suposición de que, en su mayoría, estos neumáticos provienen de los autos sedanes, 4x4 y vehículos comerciales, el promedio de peso de estos tres tipos de neumáticos según la tabla 1 es de 9.88 kg, representando un peso promedio total aproximado para los 900 neumáticos de desecho, de 8.892 ton/semana por semana. Los 900 neumáticos como aparece en la tabla 3 son recolectados por ciudadanos para diversos fines o desechados en vertederos sin obtener provecho económico de los mismos y contaminando el medio ambiente, por lo cual se propone el manejo sostenible para potencializarlos positivamente. Para desarrollar esta iniciativa con el fin de generar ingresos a partir de neumáticos se plantea la idea de una trituradora de neumáticos como se muestra en la figura 4. [6]. En el mercado pueden encontrarse trituradoras de baja capacidad de 0.2 ton/h, hasta grandes capacidades tales como 800 ton/h.



**Figura 5.** Tritradora, capacidad 3.5-4 ton/h. **Fuente:** [www.unoreciclaje.com](http://www.unoreciclaje.com).

En el área estudiada, el desperdicio, como antes se mencionó es de 8.892 ton/semana, 1.78 ton/día (una semana de cinco días hábiles) o 0.22 ton/h. Para este volumen de

desperdicio se requiere una trituradora de neumáticos mínima de 0.2 ton/h, para triturar en un tamaño de 25 a 300 mm los neumáticos, con fines de exportación a países como Japón, EE.UU, Francia, Alemania, Reino Unido, etc. principalmente Europa y Asia [7].

Dado que la investigación se circunscribe al Corregimiento de Chitré Cabecera, este modelo preliminar de estimación del volumen de desperdicio puede ser utilizado para los cinco corregimientos y replicarlos en los siete distritos de la Provincia de Herrera e incluso otras provincias, con el fin de ampliar lo propuesto a un modelo de negocio que pueda ser capaz de recolectar neumáticos de desechos en distintos puntos de la geografía con fines de exportación.

El uso del neumático triturado tiene varias alternativas tales como: sistemas de drenaje en las carreteras, pistas de atletismo, césped sintético, como fuente de combustible, entre otros usos. Como fuente de combustible ha tenido un gran auge, debido a su poder calorífico de 35 MJ/kg muy similar al del carbón. El combustible es utilizado en plantas industriales de ladrillos, papel, cemento, entre otras, siendo en las plantas cementeras más eficientes por la incorporación del acero en su estructura que ayuda en la producción del *Clinker* en dichas plantas. Es importante indicar que el neumático se exportaría con toda su estructura y en lugar de importación se tendría que separar su estructura metálica si no será usada en su procesamiento. En materia medio ambiental resulta muy ventajosa ya que tiene menor humedad, emisiones de sulfuros menos agresivas y reduce la expulsión de dióxido de carbono causante del efecto invernadero con respecto a otros combustibles como el carbón y el petróleo [3].

#### 4. Conclusiones

De la investigación podemos concluir que:

- Tomando como referencia los resultados obtenidos, podemos hacer énfasis en que la mayoría de los talleres en los que se efectuaron la entrevista, ninguno cuenta con un programa de reciclaje o reutilización de los neumáticos de desechos, todos son enviados al vertedero o recogidos por particulares para llevar a los vertederos.
- Existen gran variedad de usos que se le puede dar a los neumáticos de desechos, debido a las propiedades y composición de los mismos, por lo que evaluando las posibilidades de reproceso de los neumáticos se propone la alternativa de trituración dedicada a la extracción de componentes y exportación de los mismos lo cual funciona para distintos usos como: combustibles para plantas industriales de papel, cemento, ladrillos, entre otros rubros.
- Es importante resaltar que este proyecto busca encontrar en el uso de los neumáticos de desechos

beneficios en aspectos económicos, ambientales y de salud pública para Panamá.

#### AGRADECIMIENTO

Este proyecto fue posible gracias a nuestra profesora asesora la Ing. Maritza Cedeño, quien nos apoyó con todas las recomendaciones necesarias para llevar a cabo el proyecto del manejo de los desechos de neumáticos. Muchas Gracias.

#### REFERENCIAS

- [1] M. Bravo Franco. "Reutilización de las llantas para la elaboración de muebles". Dic. 2015.
- [2] EUROMASTER (2017, jun.). "Partes de un Neumático". Available: [www.euromaster-neumaticos.es](http://www.euromaster-neumaticos.es).
- [3] J. Sánchez, Rocío. "Segundo Vida de Los Neumáticos Usados." Química Viva, vol. 11, pp.24-39. 2012.
- [4] P. Ferrao, P. Ribeiro, P. Silva. A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study, Waste Management. 28 (2008) 604-616.
- [5] Publicación de Transporte INEC 2012-2016. Automóviles en Circulación en la República de Panamá.
- [6] URORECICLAJE" Planta de Reciclaje para neumáticos". Available: [www.unoreciclaje.com](http://www.unoreciclaje.com)
- [7] Ficha Técnica (Dic año 2016) "Neumáticos fuera de uso". Available: [www.cedex.es](http://www.cedex.es)

# Porcentaje de germinación de la semilla arroz IDIAP 137 en diferentes tipos de suelo

## Percentage germination of rice seed IDIAP 137 in different types of soil

Crisleys Frías<sup>1\*</sup>, Dayana Ríos<sup>1</sup>, Rolando Rodríguez<sup>1</sup>, Maritza Cedeño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Industrial – Centro Regional de Azuero – Universidad Tecnológica de Panamá <sup>2</sup>Docente de pregrado - Centro Regional de Azuero - Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>2</sup>Grupo de Investigación de Azuero en el Área Empresarial

**Resumen** Se tomaron suelos de diferentes lugares de la provincia de Los Santos, República de Panamá, para evaluar el porcentaje de germinación de la semilla de arroz IDIAP137, aplicando como tratamiento diferentes tipos de suelo, entre ellos, arena fina, franco arcilloso, arcilloso, franco arenoso. El objetivo de la investigación es brindar información al productor de arroz respecto al tipo de suelo en que es más apropiado sembrar esta clase de semilla. Se toman en cuenta variables que se controlan, tales como la humedad, la luminosidad, la profundidad de siembra, entre otras. El análisis utilizó un diseño completo al azar, y se realizaron cinco mediciones para cada tratamiento (tipos de suelo). El enunciado de la hipótesis nula expresa que no existe diferencia significativa en el porcentaje de germinación de la semilla IDIAP 137 para los tipos de suelo analizados y esta hipótesis fue aceptada al 5% de significancia.

**Palabras clave** Arroz, germinación, suelo.

**Abstract** Soils samples of different parts of the Province of Los Santos, Republic of Panama, were taken to evaluate the percentage of germination of the rice seed IDIAP137, applying as treatment different soil types, including, clay loam, clay, sandy loam, and fine sand. This research seeks to provide information to rice producers regarding the type of soil in which it is more appropriate to plant this kind of seed. Controlled variables considered in the study are humidity, light, depth of planting, among others. The analysis used a complete random design, and 5 replicates for each treatment (soil types). The null hypothesis states that there is no significant difference in the percentage of seed germination IDIAP 137 for soil types analyzed and this hypothesis was accepted at the 5% significance.

**Keywords** Rice ,germination, soil.

\* Corresponding Author: crisleys.frias@utp.ac.pa

### 1. Introducción

Como pionero del diseño de experimento, Ronald Fisher fue innovador del uso de los métodos estadísticos, desarrolló y utilizó por primera vez el análisis de varianza como herramienta primaria para el análisis estadístico en el diseño experimental [1].

Un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran obtenerse en las repuestas de salida [2].

El diseño de experimentos es una técnica estadística sistemática, cuyo objetivo es realizar una serie de pruebas en las que se inducen cambios deliberados para averiguar si determinados factores influyen en la variable de interés o de estudio y, si existe influencia de algún factor en el proceso o producto, cuantificarla [3].

Uno de los métodos de diseño de experimento es el diseño completo al azar -DCA, el cual consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales.

Debido a su aleatorización irrestricta, es conveniente que se utilicen unidades experimentales de lo más homogéneas posibles: animales de la misma edad, del mismo peso o parcelas de igual tamaño, etc., a manera de disminuir la magnitud del error experimental, ocasionado por la variación intrínseca de las unidades experimentales [4].

Se utilizará el análisis de varianza para obtener los resultados. Un análisis de varianza proporciona la variación de la variable de interés en fuentes explicables por algunos factores o tratamientos y en aquella para la cual el investigador no tiene control, no puede medir y no le es posible explicar o atribuir a algún factor en particular, constituyendo el error experimental [2].

Los principios básicos del diseño experimental son:

- Realización de réplicas
- Aleatorización
- Formación de bloques

La aleatorización es la piedra angular en la que se fundamenta el uso de los métodos estadísticos en el diseño experimental. Por aleatorización se entiende que tanto la asignación del material experimental como el orden en que se realizarán las corridas o ensayos individuales del experimento se determinarán al azar [2].

La presente investigación está orientada a estudiar mediante las técnicas del diseño experimental, la forma como influyen los diferentes tipos de suelo de la provincia de Los Santos, República de Panamá, en el porcentaje (%) de germinación de un tipo específico de semilla de arroz.

## 2. Justificación

El arroz es el cereal más importante del mundo en desarrollo, constituye el alimento básico para la mayoría de la población del planeta. En los países de América del Sur y el Caribe es la principal fuente energética de la población de bajos ingresos. En producción intensiva de arroz, el suelo es sometido a una excesiva preparación que origina la pérdida de su estructura, incrementa la erosión, la formación de capas compactadas, la disminución de la porosidad, la tasa de infiltración y reduce su fertilidad natural, disminuyendo su productividad e ingresos del productor [5].

En Panamá se cultivan 6 millones de quintales de arroz por año en una extensión de tierra de aproximadamente 62 mil hectáreas [6].

Este experimento se realiza con la idea de brindar un apoyo a los nuevos productores de arroz incorporando en el análisis los diferentes tipos de suelo de la región.

## 3. Planteamiento del Problema

Se desea estudiar, el porcentaje de germinación, de una variedad de semilla de arroz utilizando diferentes tipos de suelo (tratamiento: factor: tipo de suelo). Se piensa que la composición del suelo puede afectar el porcentaje de germinación por lo que se realiza la prueba en cuatro tipos de suelo (arena fina, suelo franco arcilloso, suelo arcilloso y suelo franco arenoso). En el experimento se utiliza el tipo de semilla de arroz IDIAP 137.

Para el experimento se utilizan cinco porciones iguales de cada tipo de suelo por envase de siembra, simulando así una parcela donde se siembran diez semillas en cada envase.

### 3.1 Objetivos

En esta investigación se plantean los siguientes objetivos:

- Diseñar un experimento que permita la medición del porcentaje de germinación de la semilla de arroz IDIAP137 al igual que su porcentaje de germinación en diferentes suelos.

- Determinar si el porcentaje de germinación de la semilla IDIAP 137 es diferente, en los distintos suelos.

## 4. Diseño experimental

### 4.1 Elección de los factores, niveles y riesgo

Antes de realizar el diseño experimental es necesario que se tenga conocimiento de las variables que puedan afectar el proceso de germinación del arroz. Estos factores son:

- Nivel de humedad
- Luminosidad
- Temperatura
- Profundidad a la cual se siembra
- Tipo de suelo
- Tipo de semilla

Para el experimento se escogió como factor, tratamiento o variable independiente, el tipo de suelo. Los niveles del factor son 4 (A, B, C, D) los cuales representan los cuatro tipos de suelo. El resto de las variables se controlan durante el experimento.

En cuanto al nivel de riesgo para esta investigación, se define en 5% representando este valor el nivel de significancia.

### 4.2 Selección de las variables de respuesta o variable dependiente

Se escogió una variable de respuesta: Porcentaje (%) de germinación en 10 días después de la siembra de la semilla IDIAP 137.

### 4.3 Elección del diseño experimental

Se realizaron cinco réplicas para cada tratamiento (tipo de suelo).

Se escogió el diseño completo al azar cuyo modelo matemático se presenta a continuación: [2]

(1)

Donde:

$y_{ij}$ : Observación de cada tratamiento.

$i: 1 \dots a$        $j: 1 \dots n$

$a$ : Número de niveles del tratamiento

$n$ : Cantidad de observaciones dentro de cada tratamiento.

$\mu_i$ : Media del nivel del factor de tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$ : Componente del error aleatorio.

$\tau_j$ : Efecto de tratamiento.

Las hipótesis que se desean probar en este estudio son las siguientes:

$H_0: T_1=T_2=T_3=T_4$  / no hay diferencias en las medias de los tratamientos.

$H_1: \mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4$  / Por lo menos una es diferente.

## 5. Materiales y métodos

A continuación, se describen los materiales y la metodología para el desarrollo de la investigación:

### 5.1 Materiales

Para la realización de este experimento se emplearon los siguientes materiales:

- Una pala, 4 cubos de 18 litros c/u, 2 sacos polipropileno, 20 envases desechables 7x7 pulgadas, tijeras, mesa, palillo de madera y regla; además,
- 200 semillas certificadas de IDIAP 137.



Figura 1. Semillas de arroz IDIAP 137.

### 5.2 Metodología

1. Se procedió a seleccionar los diferentes tipos de suelo en lugares distintos de la provincia de Los Santos (Las Tablas, Guaniquito de Tonosí y Santa Ana Vía Monagre).
2. Los envases desechables fueron cortados y se escogió la parte más honda para la siembra.
3. Al envase se le realizaron diferentes orificios en la parte inferior con un palillo de madera para la filtración del agua como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Elaboración de orificios.

4. Se asignó al azar las letras A, B, C, D a los cuatro tipos de suelo (tratamiento), de la siguiente forma:
  - A: arena fina (suelo 1)
  - B: franco arcilloso (suelo 2)
  - C: arcilloso (suelo 3)
  - D: franco arenoso (suelo 4)
5. Se numeraron los envases (parcelas) de forma aleatoria de 1 a 20.
6. Se realizó el proceso de aleatorización, utilizando una bolsa con fichas y de esta manera se confeccionaron las tablas de aleatorización. Se aleatorizan las réplicas del experimento representadas en los envases desechables. Se aleatorizan también el orden de aplicación de las pruebas como se muestra en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Aleatorización de envases tratamientos

A	B	C	D
4	2	8	1
5	3	9	7
12	6	11	16
15	10	18	19
17	3	14	20

Tabla 2. Aleatorización del orden de las pruebas

A	B	C	D
3	19	4	1
5	11	13	17
6	7	15	2
20	10	16	18
12	14	9	8

De la tabla 1 y tabla 2 podemos leer lo siguiente:

- Al envase número 4 le corresponde la aplicación de la prueba en la posición número 3 con el suelo A.
7. Se rotularon los envases desechables en las esquinas superiores para llevar el control en el experimento; la esquina superior izquierda con el número de unidad experimental y la esquina superior derecha con el número de tratamiento (Suelo: 1, 2, 3, 4) y estos se ordenaron de acuerdo al orden correspondiente de la tabla de aplicación de pruebas.
  8. Se agregó a cada envase el tipo de suelo correspondiente según aleatorización y se procedió a humedecer la tierra.
  9. Se colocaron los envases desechables siguiendo el orden de aleatorización, sobre una mesa como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Ubicación de los envases desechables sobre la mesa.

- Posteriormente se realizó la siembra haciendo dos hileras con orificios de 2.5 cm de profundidad en los cuales se colocó una semilla en cada uno haciendo un total de 10 semillas por envase como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Elaboración de orificios y siembra de la semilla de arroz.

## 6. Resultados

En la figura 5 se observan las semillas de arroz germinadas.



Figura 5. Semillas de arroz germinadas.

La tabla 3 muestra los resultados de las mediciones del experimento. Los valores representan el número de semillas germinadas multiplicadas por 100%.

Tabla 3. Porcentaje de Germinación de la Semilla IDIAP 137 en Diferentes Suelos en 10 Días

A Suelo 1	B Suelo 2	C Suelo 3	D Suelo 4
70	60	60	70
90	50	60	50
90	60	70	50
80	90	70	70
70	60	60	90

Se realizó el análisis de varianza para un diseño completo al azar y se encontraron los resultados que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis de Varianza

ANOVA: Respuesta (%) vs Tipo de suelo				
Fuente	GL	SC	MC	F
Tipo de suelo	3	0.0895	0.0298	1.86
Error	16	0.2560	0.0160	
Total	19	0.3455		

Mediante una tabla de distribución de probabilidad de Fisher se obtuvo el valor crítico para 5% de significancia y valores de 3 y 16 como grados de libertad del tratamiento y del error. El valor crítico de la tabla fue 3.10, este valor fue comparado con el valor F en la tabla 4. De la comparación realizada se observó que F de la tabla es menor que F crítico.

## 7. Conclusiones

- Del análisis de varianza realizado se concluye que se acepta  $H_0$ , es decir que existe suficiente evidencia como para concluir que el porcentaje de germinación de la semilla IDIAP 137 en los tipos de suelo es igual, al 5% de significancia.
- El resultado encontrado es relevante, ya que puede ofrecer información experimental a los agricultores en relación a la no influencia del tipo de suelo en el porcentaje de germinación, cuando utiliza la semilla IDIAP 137.
- Se calcularon los promedios de porcentaje de germinación y se observaron valores similares para los cuatro tipos de suelo, aunque pareciera que el comportamiento del suelo 1 (arena fina) mostró un promedio de germinación mayor. Sin embargo, su diferencia respecto a los otros tipos de suelo no ha sido lo suficientemente grande como para rechazar la hipótesis nula que dice que las medias de los tratamientos son iguales.

## REFERENCIAS

- L. E. Rojas Cárdenas, L. Rojas Cárdenas. "Exploración al Diseño Experimental". Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Julio 2000. 9 páginas.
- Douglas C. Montgomery (2004) Diseño de Experimento. Diseño y Análisis de Experimentos (Segunda Edición). Editorial Limusa Wiley.

- [3] I. Jesús González Hernández. “Diseño de Experimento y Aplicación en la Industria”. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 13 páginas.
- [4] Página Web. Título: Análisis de Diseños Experimentales Básicos. Disponible en: [www.galeon.com/colposfes/est501/dca/dca.htm](http://www.galeon.com/colposfes/est501/dca/dca.htm).
- [5] I. Briseño, L. Álvarez. “Evaluación de un Sistema de Preparación del suelo y siembra en el cultivo de arroz”. (Oryza Sativa L.). Revista Unell Cienc. Tec. 28:16-24. 9 páginas. 2010.
- [6] Periódico La Estrella de Panamá. Título: La producción de arroz en Panamá pierde rentabilidad. Última actualización: 17 de julio de 2014. Disponible en: <http://laestrella.com.pa/panama/nacional/produccion-arroz-panama-pierde-rentabilidad/23787371>.

# Uso de modelos matemáticos para el cálculo de ruido en las principales avenidas de Panamá

## Use of mathematical models for the calculation of noise in the main streets of Panamá

Joan Quintero<sup>1</sup>; Edwin De Frias<sup>1</sup>; Félix Henríquez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería en Mecánica – Facultad de Ingeniería Mecánica– Universidad Tecnológica de Panamá,

<sup>2</sup>Departamento de Energía y Ambiente – Facultad de Ingeniería Mecánica– Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** Este artículo presenta resultados del cálculo de los niveles de emisión sonora provocados por el tráfico rodante o vehicular en las avenidas principales de la ciudad de Panamá, mediante el uso de modelos logarítmicos matemáticos. Se utilizaron cuatro modelos matemáticos para calcular los niveles de emisión sonora y, posteriormente, se compararon los resultados con los resultados de los estudios realizados por la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UTP “Muestreo con sonómetros (utilizando sonómetro) y Mapa de Ruido utilizando el modelo matemático SoundPLan versión 6.4”. Los modelos logarítmicos matemáticos seleccionados fueron en modelos FHWA de Estados Unidos, el modelo de Valdivia de Chile, el NMPB Routes-96 de Francia y el modelo RLS90 de Alemania. Luego de comparar los resultados de los cuatro modelos logarítmicos matemáticos, con los resultados de los estudios realizados en UTP, se calculó el porcentaje de error de cada modelo logarítmico matemático. Con base en los resultados del porcentaje de error de modelos matemáticos, se validó el uso de tres de modelos matemáticos para el cálculo de ruido para Panamá, los modelos FHWA, Valdivia y RLS90. Por otro lado, para las condiciones de Panamá, no se recomienda el uso del modelo NMPB Routes-96.

**Palabras Clave** Nivel de emisión sonora, aforos vehiculares, FHWA, RLS 90, NMPB Routes-96, Valdivia.

**Abstract** This article presents results of the calculation of sound emission levels caused by vehicular traffic in the main streets of Panama City, using mathematical logarithmic models. Four mathematical models were used to calculate the levels of sound emission levels and, later, the results were compared with the results of the studies carried out by the Faculty of Mechanical Engineering of the UTP "Sampling with sound level meters (using sound level meter) and Noise Map using the mathematical model SoundPLan version 6.4 ". The mathematical logarithmic models selected were in USA FHWA models, the Valdivia model in Chile, the NMPB Routes-96 in France and RLS90 in Germany. After comparing the results of the four mathematical logarithmic models, with the results of the studies carried out in UTP, the error percentage of each mathematical logarithmic model was calculated. Based on the results of the error percentage of mathematical models, the use of three mathematical models was validated for the calculation of noise for Panama, the FHWA, Valdivia and RLS90 models. While for Panama conditions, the use of the NMPB Routes-96 model is not recommended.

**Keywords** Sound emission level, vehicular gauges, FHWA, RLS 90, NMPB Routes-96, Valdivia.

\*Corresponding Author: felix.henriquez@utp.ac.pa

### 1. Introducción

El aumento del tráfico vehicular en la Ciudad de Panamá ha ocasionado un alza en los índices de los niveles de ruido, a tal punto que el tráfico rodado llega a constituir la principal fuente de contaminación acústica en las ciudades del país. La predicción del ruido de tráfico permite obtener datos que pueden considerarse en la planificación de las redes viales. Sin embargo, la gran cantidad de variables que intervienen en esta predicción requiere que los modelos predictivos sean probados y ajustados para las realidades locales con el fin de que los valores obtenidos sean confiables.

En este trabajo se analiza la aplicación de diferentes modelos predictivos de ruido de tráfico, originados en diversos estudios, donde se ha utilizado y aceptado estos modelos. Este análisis permite establecer el modelo predictivo de mejor desempeño a través de una validación con mediciones en vías estudiadas dentro de la misma ciudad, y de acuerdo a las características locales y su parque automotriz.

#### 1.1 Sonido y la contaminación acústica

Sonido es una forma de energía producido por la vibración de un objeto que al hacerlo crea un movimiento de las moléculas de medios elásticos, como el aire. Oímos ondas

cuando las moléculas perturbadas moviéndose por el aire, llegan a nuestros tímpanos, haciéndolos vibrar y enviando al cerebro debilísimos impulsos de energía electroquímica donde serán interpretados [1].

Según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud, el ruido ha sido catalogado como la primera molestia ambiental en los países industrializados. Es una característica común de la vida actual que, aunque molesta y dañina, puede llegar a considerarse inherente al desarrollo de cualquier tipo de actividad.

Podemos definir entonces la contaminación acústica como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

La exposición prolongada a altos niveles de ruido produce efectos negativos en la salud como la pérdida parcial o total de la audición, el estrés, problemas cardíacos e insomnio y el medio ambiente.

## 2. Metodología

La metodología utilizada en esta investigación estuvo compuesta por los siguientes puntos: selección de puntos para cálculo de ruido mediante modelos matemáticos, selección de los modelos matemáticos, análisis de resultados y cálculo de porcentaje de error de los modelos comparados con investigaciones previas y validación de los modelos matemáticos.

### 2.1 Selección de puntos para cálculo de ruido mediante modelos matemáticos

Al momento de seleccionar los puntos en las avenidas para calcular los niveles de ruido usando modelos matemáticas se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Análisis de los datos proporcionados por la Autoridad de Tránsito y Transporte Terrestre (ATTT).
- Los sitios donde se requiere un bajo nivel sonoro como lo son hospitales y colegios, localizados cerca de una vía con alto flujo vehicular.
- Localización de los sectores de desarrollo industrial.
- Puntos monitoreados en las tesis: “Monitoreo de la contaminación acústica en sitio crítico de la ciudad de Panamá” y “Mapa de Ruido utilizando el modelo matemático SoundPLAN versión 6.4”, realizadas por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá en el año 2007.
- Limitaciones como la falta de datos actualizados de aforos en el área metropolitana por parte la Autoridad de la Tránsito y Transporte Terrestre (ATTT), que concuerden con los puntos monitoreados en 2007.

Además, se delimitó el estudio a un periodo de 12 horas dividido en grupos de horas picos o de alto flujo vehicular. Estos periodos de horas picos son siguientes:

- El periodo de 6:30 a. m. a 8:30 a. m. , donde se desplaza la población hacia el sector laboral y el sector educativo.
- El periodo entre las 11:30 a. m. y 1:30 p. m. donde el desplazamiento se intensifica debido al cambio de turno en escuelas públicas, y la movilización hacia restaurantes, por las horas de almuerzo del sector laboral.
- El periodo entre las 3:45 p. m. y 5:45 p. m., donde se desplaza la población de vuelta a sus hogares, y hacia diversas actividades de recreación.

Tomando en cuenta estos factores se seleccionaron los siguientes 29 puntos para calcular los niveles de ruido:

1. Ave. Ricardo J. Alfaro y entrada a Residencial ElBosque.
2. Ave. Fernández de Córdoba y Calle 77 A Oeste.
3. Vía España y Calle 49.
4. Ave. Simón Bolívar y Calle 64 Oeste.
5. Ave. Perú y Calle 37 Este.
6. Vía España y Ave. Fernández de Córdoba.
7. Vía España, Ave. 12 de Octubre, Ave. Ernesto T. Lefevre y Calle 81 Este.
8. Ave. Vía España y 12 de Octubre.
9. Ave. Balboa y Ave. Federico Boyd.
10. Vía España, Ave. Ira B Norte y Calle 62.
11. Ave. Simón Bolívar, Ave. Ramón Arias y Calle El Paical.
12. Ave. Simón Bolívar y Calle 62 C Oeste.
13. Vía España y Belisario Porras.
14. Ave. Simón Bolívar y Ave. 12 C Norte.
15. Ave. Simón Bolívar y Fernández de Córdoba.
16. Ave. Simón Bolívar y Ave. 8va C Norte.
17. Ave. Simón Bolívar, Ave. 14 C Norte y Ave. 12 de Octubre.
18. Paso vehicular de San Miguelito.
19. Simón Bolívar y 12 de Octubre.
20. Ave. Fernández de Córdoba y 12 de Octubre.
21. Ave. Manuel E. Batista, Ave. José A. Fábrega y Eusebio A. Morales.
22. Ave. Ricardo J. Alfaro y Calle 74 Oeste.
23. Vía España, Ave. Brasil y Ave. Ramón Arias.
24. Ave. Ricardo J. Alfaro, Ave. Makario III de Chipre y Calle 62 A Oeste.
25. Ave. Ricardo J. Alfaro, Ave. 23 Norte y Ave. Ira Norte.
26. Ave. Fernández de Córdoba y Calle 64 Oeste.
27. Ave. Fernández de Córdoba y Calle 66 Lucas Zarak.
28. Ave. Ricardo J. Alfaro y entrada a Linda Vista.
29. Ave. Cincuentenario y Ave. Domingo Díaz (Sobre la Ave. José Agustín Arango) a 500 metros del puente sobre el río Juan Díaz.

## 2.2 Selección de los modelos matemáticos

Los modelos matemáticos se dividen en simples y complejos y su selección depende de la utilidad y veracidad de los resultados a obtener. Estos modelos de previsión, que están conformados por ecuaciones matemáticas sencillas, se elaboran a partir de la integración de dos modelos, el modelo de fuente y el modelo de propagación. Los modelos de fuente son esencialmente empíricos y conllevan una concepción estadística del fenómeno, puesto que el conocimiento de la potencia acústica y la directividad de cada vehículo son una tarea inabordable e injustificada [2].

Se seleccionaron cuatro modelos para estudiar en esta investigación: el Modelo FHWA de USA, el Modelo de Valdivia de Chile, el Modelo NMPB-Routes-96 de Francia y el Modelo RLS90 de Alemania.

A continuación, se especifican los modelos de ruido de tráfico utilizados en esta investigación.

### Modelo FHWA

Ecuación del modelo FHWA para el cálculo del nivel de emisión sonora de referencia a 15.2 metros (dB<sub>A</sub>).

$$LRE = 10 \log (10^{(0.1 \cdot Leq(d) \text{ auto})} + 10^{(0.1 \cdot Leq(d) \text{ mediano})} + 10^{(0.1 \cdot Leq(d) \text{ pesado})}) \quad (1)$$

Donde:

$$Leq(d) i = (L_0) E_i + (\Delta \text{tráfico}) i + (\Delta \text{distancia}) i + (\Delta \text{pendiente}) i + (\Delta \text{segmento}) i \quad (2)$$

(L<sub>0</sub>) E<sub>i</sub>: nivel equivalente de emisión (dB<sub>A</sub>) para el tipo i de vehículo (v<sub>i</sub>): correcciones del tipo i de vehículo [3].

### Correcciones del tipo i de vehículo

Automóviles:

$$(L_0) E = 38.1 \cdot \log(v) - 2.4 \text{ dB}(\text{A}) \quad (3)$$

Vehículos medianos:

$$(L_0) E = 33.9 \cdot \log(v) + 16.4 \text{ dB}(\text{A}) \quad (4)$$

Camiones pesados:

$$(L_0) E = 24.6 \cdot \log(v) + 38.5 \text{ dB}(\text{A}) \quad (5)$$

Donde: v es la velocidad media de los vehículos [Km/h]

### h) Corrección por intensidad de tráfico

$$(\Delta \text{ tráfico}) i = 10 \log ((N_i \cdot d_o) / v_i) - 25 \text{ dB}(\text{A}) \quad (6)$$

- d<sub>o</sub>: distancia de referencia 15.2 [m].
- N<sub>i</sub>: intensidad horaria de vehículos tipo i [veh/h].
- v<sub>i</sub>: velocidad del vehículo tipo i.

### Corrección por distancia a la fuente y tipo de suelo

$$(\Delta \text{ distancia}) = 10 \log (d_o / d)^{1+\alpha} \quad (7)$$

Donde d es la distancia perpendicular entre la línea central del carril al observador y α es parámetro de sitio cuyo valor depende en las condiciones del sitio.

$$(\Delta \text{ tráfico}) i = 10 \log ((N_i \cdot d_o) / v_i) - 25 \text{ dB}(\text{A}) \quad (8)$$

### Corrección por rampa, pendiente de carretera

Tabla 1. Corrección por rampa

0 a 2% Dgr	0 dB(A)
3 a 4% Dgr	+2 dB(A)
5 a 6% Dgr	+3 dB(A)
Más de 7% Dgr	+5 dB(A)

### Modelo de la ciudad de Valdivia

Ecuación del modelo de Valdivia Chile para el cálculo del nivel de emisión sonora de referencia a 25 metros (dB<sub>A</sub>) [4].

$$LRE = 33.6 + 10 \cdot \log(Q_L + 9.2 \cdot Q_p + 6 \cdot Q_b) + C_{vel} + C_{pav} \quad (9)$$

Donde:

LRE: Nivel de emisión de referencia a 25 metros (dB<sub>A</sub>).

Q<sub>L</sub>, Q<sub>p</sub> y Q<sub>b</sub>: Flujos de vehículos livianos, pesados y buses respectivamente.

C<sub>vel</sub>: Corrección por velocidad de circulación (dB<sub>A</sub>).

C<sub>pav</sub>: Corrección por tipo de carpeta de rodado (dB<sub>A</sub>).

Tabla 2. Valores C<sub>vel</sub> para distintas velocidades de circulación

Velocidad (km/h)	<50	60	70	80	90
C <sub>vel</sub> (dB <sub>A</sub> )	0	1	2	3	4

Tabla 3. Valores C<sub>pav</sub> según el tipo de calzada

Tipo de pavimento	Asfalto liso	Asfalto rugoso	Hormigón	Adoquinado
C <sub>pav</sub> (dB <sub>A</sub> )	-0.5	0	1.5	4

### Modelo NMPB-ROUTES-96

En la actualidad el método de evaluación recomendado según la legislación europea para países miembros sin métodos nacionales o para los que quieren cambiarlo. [5]

$$L_{eq} = 18 + 10 \log(Q_L + EQ_p) + 20 \log V - 12 \log(d + \frac{1}{3}) + 10 \log \frac{1}{180^\circ} \quad (10)$$

Donde:

L<sub>eq</sub> = Nivel Sonoro Continuo equivalente (dB<sub>A</sub>)

$Q_L$  = Caudal Vehículos Ligeros (veh/h) (carga total  $\leq$  3500 kg)

$Q_P$  = Caudal Vehículos Pesados (veh/h) (carga total  $>$  3500kg)

V = Velocidad media de los vehículos (km/h)

Lc = Anchura de la calzada (m)

E = Factor de Equivalencia Acústica entre vehículos ligeros y pesados, es función del porcentaje de rampa y del tipo de vía.

Tabla 4. Factor de equivalencia acústica

% Pendiente	$\leq 2\%$	3%	4%	5%
Autovía o autopista	E = 4	5	5	6
Vía rápida o urbana	7	9	10	11
Vía urbana	10	13	16	18

### Modelo RLS90

Ecuación del modelo RLS 90 para el cálculo del nivel de emisión sonora de referencia a 25 metros (dB<sub>A</sub>). [6]

$$Leq(A) = 10 * \log [10^{(LMi/10)}] \quad (11)$$

Donde:

Leq: suma energética de los niveles puntuales LMi

LMi: nivel aportado por cada fuente puntual i

$$LME = L25 + C_{vel} + C_{caaaeta} + C_{gaaiente} \quad (12)$$

$$L25 = 37.3 + 10 * \log (M * (1 + 0.082 * P)) \quad (13)$$

Donde:

L25: Nivel Sonoro Base a 25 metros. (dB<sub>A</sub>)

M: Densidad de tráfico. (Vehículos /hora)

P: Porcentaje de vehículos pesados. (%)

### Corrección por velocidad

$$C_{vel} = L_{Ligeros} - 37.3 + 10 * \log \left[ \frac{100 + (10^{0.1 * C}) * P}{100 + 8.23 * P} \right] \quad (14)$$

$$L_{Ligeros} = 27.8 + 10 * \log(1 + (0.02 * V_{Ligeros})^3) \quad (15)$$

$$L_{Pesados} = 23.1 + 12.5 * \log(V_{Pesados}) \quad (16)$$

$$C = L_{Pesados} - L_{Ligeros} \quad (17)$$

Donde:

$C_{vel}$ : Corrección por velocidad de los vehículos (dB)

P: Porcentaje de vehículos pesados. (%)

$V_{Ligeros}$ : Velocidad vehículos livianos. (Vehículos/hora) (60 Km/h)

$V_{Pesados}$ : Velocidad vehículos pesados. (Vehículos /hora) (40 Km/h)

### Corrección por tipo de carpeta

Tabla 5. Corrección por tipo de carpeta Modelo RLS-90

Tipo de superficie	Máxima velocidad permitida en Km/hora			
	30	40	>50	>60
Asfalto no ranurado	0	0	0	0
Concreto o asfalto ranurado	1	1,5	2	2
Superficie pedregosa con textura lisa	2	2,5	3	3
Superficie pedregosa con estructura rugosa	3	4,5	6	6
Hormigón con tratamiento escoba metal	1	1	1	1
Asfalto hormigón sin grietas	0	0	0	-2
Asfalto poroso con más de 15% de poros del tipo 0/11	0	0	0	-4
Asfalto poroso con más de 15% de poros del tipo 0/8	0	0	0	-5

### Corrección por gradiente

$$C_{gradiente} = 0.6 * |G| - 3 \text{ para gradientes } > 5\% \quad (18)$$

Para gradientes menores a 5% la corrección de gradiente es 0 dB<sub>A</sub>.

### 2.3 Análisis de resultados y cálculo de porcentaje de error de los modelos comparados con investigaciones previas

Los resultados de las 29 avenidas fueron comparados con las normas y decretos nacionales e internacionales con el fin de verificar el cumplimiento de las mismas. A continuación, en el punto 3 se muestran los gráficos de los resultados a detalle. Además, se seleccionaron cinco de las veintinueve avenidas para compararlas con los resultados de los estudios realizados en la Universidad Tecnológica de Panamá: “Monitoreo de la contaminación acústica en sitio crítico de la ciudad de Panamá” y “Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPLAN versión 6.4”.

### 2.4 Validación de los modelos matemáticos

Para validar el uso de los modelos matemáticos se procedió a calcular el porcentaje de error de modelo comparado con los resultados de los estudios previos realizados en la Universidad Tecnológica de Panamá. Una vez calculado los porcentajes de error se pudo validar el uso de tres modelos matemáticos, el Modelo FHWA de USA, el Modelo de Valdivia de Chile y el Modelo RLS-90 de Alemania para el cálculo de ruido para Panamá. No se recomienda el uso del Modelo NMPB-Routes-96 para Panamá, ya que dicho modelo presenta el más alto porcentaje de error debido a la gran cantidad de correcciones.

A continuación, se presenta el cálculo de porcentaje de error de los modelos matemáticos versus los resultados de los estudios: “Monitoreo de la contaminación acústica en sitios críticos de la ciudad de Panamá” y “Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4”.



	Tarde	74.58	77.01	71.98	74.15	74.75
Paso vehicular de San Miguelito	Mañana	77.59	79.98	72.49	76.94	78.4
	Medio Día	77.43	79.75	75.21	76.8	76.67
	Tarde	77.50	79.87	74.36	76.83	76.35
Vía Simón Bolívar y 12 de Octubre	Mañana	74.75	77.18	70.39	74.32	74.5
	Medio Día	75.20	77.63	72.60	74.77	78.5
	Tarde	75.38	77.81	72.78	74.95	77.2

A continuación, se muestran los resultados de modelos matemáticos comparados con los resultados del estudio “Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4”, realizado en la Universidad Tecnológica de Panamá, en 2009 por Matthews D., Obando E.

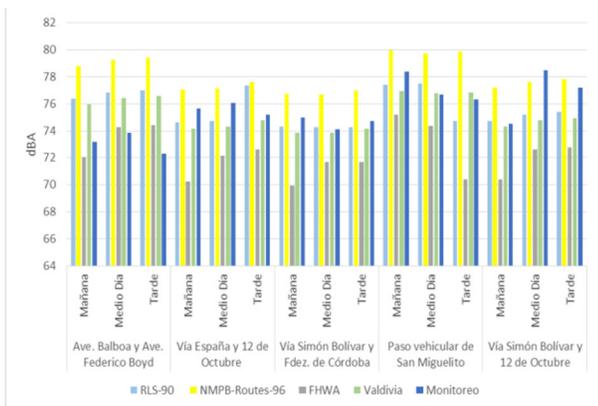


Figura 5. Resultados de modelos matemático vs. Monitoreo de la contaminación acústica en sitios críticos de la ciudad de Panamá.

Table 8. Resultados de Modelo FHWA comparado con Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4

INTERSECCIÓN	Modelo RLS90			SOUNDPLAN
	Mañana dBA	Medio día dBA	Tarde dBA	Lm25 (día) dBA
Ave. Balboa y Ave. Federico Boyd	76.40	76.85	77.00	74
Vía España y 12 de Octubre	74.60	74.73	77.36	70.7
Vía Simón Bolívar y Fdez. de Córdoba	74.30	74.27	74.58	72.7
Paso vehicular de San Miguelito	77.59	77.43	77.50	73.4

Table 9. Resultados de Modelo Valdivia comparado con Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4

INTERSECCIÓN	Modelo FHWA			SOUNDPLAN
	Mañana dBA	Medio día dBA	Tarde dBA	Lm25 (día) dBA
Ave. Balboa y Ave. Federico Boyd	72.04	74.25	74.4	74
Ave. Vía España y 12 de Octubre	70.24	72.13	72.6	70.7
Ave. Simón Bolívar y Fdez. de Córdoba	69.94	71.67	71.98	72.7
Paso vehicular de San Miguelito	72.49	75.21	74.36	73.4

Table 10. Resultados Modelo NMPB-Routes-96 comparado con Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4

INTERSECCIÓN	Modelo Valdivia			SOUNDPLAN
	Mañana dBA	Medio día dBA	Tarde dBA	Lm25 (día) dBA
Ave. Balboa y Ave. Federico Boyd	87.83	88.28	88.43	74
Ave. Vía España y 12 de Octubre	86.03	86.16	86.63	70.7
Ave. Simón Bolívar y Fdez. de Córdoba	85.73	85.7	86.01	72.7
Paso vehicular de San Miguelito	88.99	88.76	88.87	73.4

Table 11. Resultados Modelo RLS-90 comparado con Mapa de ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4

INTERSECCIÓN	Modelo NMPB-Routes-96			SOUNDPLAN
	Mañana dBA	Medio día dBA	Tarde dBA	Lm25 (día) dBA
Ave. Balboa y Ave. Federico Boyd	78.82	79.27	79.42	74
Ave. Vía España y 12 de Octubre	77.02	77.16	77.62	70.7
Ave. Simón Bolívar y Fdez. de Córdoba	76.72	76.69	77.01	72.7
Paso vehicular de San Miguelito	79.98	79.75	79.87	73.4

A continuación, se representan graficamente los resultados de los modelos matemáticos comparado con Mapa de Ruido utilizando el modelo matemático SoundPlan versión 6.4.

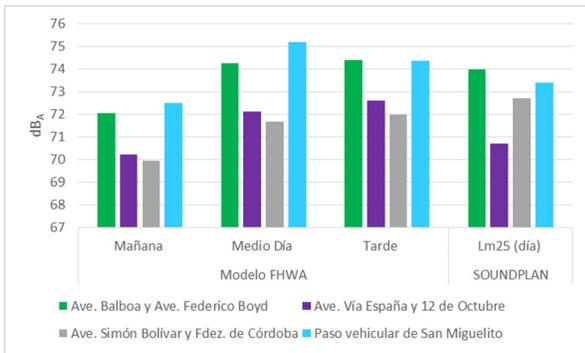


Figura 5. Resultados de Modelo FHWA vs. SOUNDPLAN.

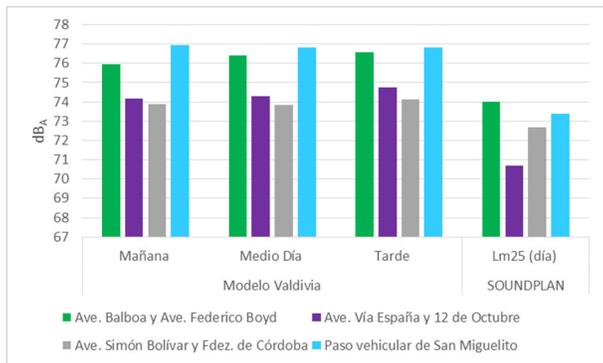


Figura 6. Resultados de Modelo Valdivia vs. SOUNDPLAN.

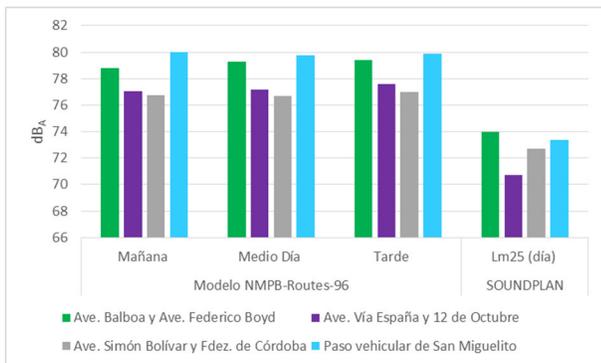


Figura 7. Resultados de Modelo NMPB-Routes-96 vs. SOUNDPLAN.

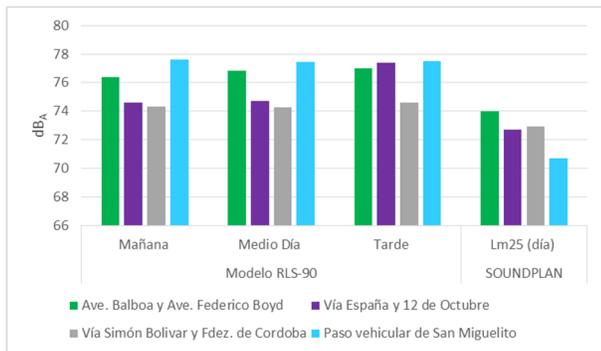


Figura 8. Resultados de Modelo RLS-90 vs. SOUNDPLAN.

## 4. Conclusiones

La emisión de ruido la ciudad de Panamá sobrepasa los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (70 dBA), y los niveles recomendados por Ministerio de Salud (MINSA) en el Decreto Ejecutivo N° 1 del 15 de enero del 2004 para una jornada de trabajo de 8 horas (60 dBA).

El sitio con mayor contaminación acústica de acuerdo con esta investigación es el Paso vehicular de San Miguelito, dicho sitio contiene el mayor flujo de vehículos diarios.

No se cuenta con legislaciones eficientes para control y medición de la contaminación acústica por tráfico rodante en Panamá.

Este estudio permitió determinar que, no se considera la contaminación por ruido como un problema importante para los gobiernos e instituciones. Además, se desconocen los efectos a largo plazo la exposición a altos nivel de ruido por la población en general.

Se validó el uso de tres de modelos matemáticos para el cálculo de ruido para Panamá, los modelos FHWA de USA, Valdivia de Chile y RLS90 de Alemania.

Los resultados del modelo NMPB-Routes-96 presentan el mayor porcentaje de error comparado con ambos estudios, esto se debe a que hay realizar múltiples correcciones, por ende, no se recomienda su uso para las condiciones de Panamá.

## 5. Recomendaciones

Los modelos de predicción trabajan de la misma manera que la medición. Se recomienda no superar distancias entre predicciones de 250 metros; ya que se puede alterar el resultado, debido a que puede variar el flujo vehicular y los porcentajes de ligeros y pesados.

Al hacer un estudio de contaminación acústica, esta información debe darse a conocer a las entidades gubernamentales encargadas del caso, para que ellas tomen las medidas necesarias sobre este problema.

Se deben aplicar medidas de prevención y reducción de emisiones de ruido por instituciones gubernamentales en la ciudad de Panamá.

Adoptar medidas para disminuir la emisión de ruido como la colocación de pantallas o barreras absorbentes de ondas acústicas, nuevas superficies de rodamiento y plantación de vegetación para absorción del sonido.

Reestructurar vías y planificar el desarrollo territorial para disminuir la alta concentración de tráfico vehicular y su consecuente emisión de ruido.

Para mejorar la eficiencia del algoritmo de predicción, sería importante crear un método para la ciudad de Panamá; ya que las características de todas las ciudades son diferentes y las correcciones se pueden modificar de acuerdo con la vía.

Los resultados de modelo de Valdivia de Chile, FHWA de USA y el modelo RLS-90 de Alemania presentan los porcentajes de exactitud más altos comparados con los

resultados de monitoreo y SOUNDPLAN, por lo cual se recomienda su uso para el cálculo de ruido en Panamá.

## REFERENCIAS

- [1] Brennan, R. (1994). Diccionario Básico para la Actualidad Científica. Ponferrada, España: Editorial Celeste.
- [2] Álvarez Rodenbeek, J. P., & Suárez Silva, E. (2011). Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno. *Revistas Electrónicas UACH*, 35.
- [3] Alberto Ventoso del Rincón, David Martín Ruiz. (2016). *MODELOS DE PREVISIÓN DE RUIDO*. Pág. 7.
- [4] Juan Pablo Álvarez Rodenbeek. (2010). Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno. (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- [5] Alberto Ventoso del Rincón, David Martín Ruiz. (2016). *MODELOS DE PREVISIÓN DE RUIDO*.
- [6] Juan Pablo Álvarez Rodenbeek. (2010). Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno. (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

# Climate change effects on emperor penguins

## Efectos del cambio climático en los pingüinos emperador

Taibah Alhatem<sup>1</sup>, Casilda Saavedra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Wilkes University, <sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Panamá

**Abstract** Climate change is one of the major issues affecting our mother Earth. The change in climate include both the change in temperature and the change in precipitation. Both of these parameters are very crucial to animals and plants where they depend on them for their survival. Climate change has so many negative impacts on the biodiversity of the Earth especially in the Arctic and Antarctic continents. The rise in temperature decreases the ice coverage which in return reduces the population of the wildlife. The ice coverage is crucial to the biodiversity living in Antarctica where they depend on it for their survival. It's very important for their feeding, breeding, and habitat. However, with the reduction of ice, many animals are becoming close to extinction. One of those species that were negatively impacted by climate change is emperor penguins (*Aptenodytes forsteri*). These penguins require very low temperatures in order to breed and populate. Very high temperatures for these penguins could result in decreased population rate around Antarctica. An analysis was done of emperor penguin population data found in different research papers in conjunction with temperature anomalies data in Antarctica from 1983 to 2005 from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The results indicated that there was an inverse relationship between the temperature and the penguin's population. It was shown through the analysis conducted that the temperature impacted the penguins negatively throughout the years since the temperature was rising. It decreased their breeding population and chicks count dramatically in all the parts of Antarctica tested.

**Keywords** Climate Change, Temperature, Population, Emperor Penguin.

**Resumen** El cambio climático es uno de los principales problemas que afectan a nuestra madre Tierra. El cambio en el clima incluye tanto el cambio en la temperatura como el cambio en la precipitación. Ambos parámetros son muy importantes para los animales y las plantas, ya que dependen de estos para su supervivencia. El cambio climático tiene muchos impactos negativos en la biodiversidad de la Tierra, especialmente en los continentes ártico y antártico. El aumento de la temperatura disminuye la cobertura de hielo, lo que a su vez reduce la población de la vida silvestre. La cobertura de hielo es crucial para la biodiversidad que vive en la Antártida. Esta es muy importante para su alimentación, reproducción y hábitat. Sin embargo, con la reducción del hielo, muchos animales se están acercando a la extinción. Una de esas especies que han sido afectadas negativamente por el cambio climático son los pingüinos emperador (*Aptenodytes forsteri*). Estos pingüinos requieren temperaturas muy bajas para reproducirse y poblarse. Las temperaturas muy altas para estos pingüinos podrían resultar en una disminución de la tasa de población alrededor de la Antártida. Se realizó un análisis de los datos de la población de pingüinos emperador encontrados en diferentes trabajos de investigación junto con datos de anomalías de temperatura en la Antártida desde 1983 hasta 2005 de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Los resultados indicaron que existe una relación inversa entre la temperatura y la población de pingüinos emperador. Se mostró a través del análisis realizado que la temperatura impactó negativamente a los pingüinos a lo largo de los años. Se evidenció una disminución de su población reproductora y una dramática disminución de los polluelos en todas las regiones estudiadas de la Antártida.

**Palabras clave** Cambio climático, temperatura, población, pingüino emperador.

\* Corresponding Author: casilda.saavedra@utp.ac.pa

### 1. Introduction

The world is suffering from different issues that keep negatively impacting our mother Earth. One of these major problems is Climate Change. Climate Change is known as “a change in the state of the climate that can be identified by changes in the mean and/or the variability of its properties, and that persists for an extended period, typically decades or longer” [1]. These changes include the change in the annual

rainfall average or the change in the average temperature [2]. There are multiple different effects of climate change including rise in temperature, longer frost-free season, precipitation patterns change, droughts and heat waves, stronger storms and hurricanes, the rise in sea level, global warming and reduction in the ice coverage in the Arctic and Antarctica [3]. All these reasons will disturb the pattern and circle of life of the environment around us, having long term effects and impacts on the living creatures roaming the Earth including us humans.

One of these impacts of climate change was the declining rates of wildlife and plants, especially the Arctic and Antarctic biodiversity. The impact of climate change can lead to the extinction of some of the species living in the Arctic and Antarctic due to the fact that they are more sensitive to temperature changes than other creatures.

Emperor penguin (*Aptenodytes forsteri*) is one of those species that are negatively affected by climate change. They are the largest penguin species known where they can weight up to 40kg by adulthood. Emperor Penguins are abundant and scattered around the Antarctic continent in the southern hemisphere, having the ability to endure very low temperatures below zero due to their thick feather coat and their small bills and flippers that conserve heat. They are also able to reserve energy due to their body fat. This specific specie usually breeds during the winter season in Antarctica where they require a temperature as low as  $-40^{\circ}\text{C}$  [4]. However, due to climate change and the rise in temperature, their breeding has been disturbed as well as their food source which caused their population rate to declining throughout the years [5][6].

A collection of studies was analyzed in which different colonies within Antarctica were tested for the abundance of these penguins. The colonies tested include Cape Crozier, Beaufort Island, Franklin Island, Cape Washington, Coulman Island, and Cape Roget. According to the authors of these studies, aerial photos were taken by a winged aircraft from both the sky and the ground to determine the number and the abundance of live penguin chicks at these colonies. Each colony was observed and counted for the live chicks and then the mean was taken during the ground counts. After maintaining the chick's numbers, the months averages were taken. The relationship between the breeding population and the climate variables was also determined using Pearson's coefficient  $r$  [7].

Using data obtained from research studies of emperor penguin populations in the Antarctic for the period 1983 to 2005, and temperature data from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), a statistical analysis was conducted to determine the effect of climate change on emperor penguins. The objective of this analysis was to determine how the climate change is affecting the breeding population of these penguin species.

### Hypothesis

The rise in temperature due to climate change is negatively impacting the emperor penguins breeding and therefore decreasing their population.

## 2. Methodology

A statistical analysis was conducted on the breeding population data of emperor penguins and compared to the temperature anomalies during that a specific period of time. The time period chosen was between 1983 and 2005 due to the lack of new reports containing updated data. The data found included the counts of chicks or the breeding population of

emperor penguins born between 1983 and 2005 at six different locations around Antarctica. The locations include Cape Crozier, Beaufort Island, Franklin Island, Cape Washington, Coulman Island, and Cape Roget. However, some of the data was missing for some of the locations which limited the analysis for some of the years.

The temperature anomaly for that specific period of time was also found using a temperature anomaly graph and table that specified the temperatures variability in Antarctica from 1983 to 2005. Temperature anomaly is defined as "a departure from a reference value or long-term average" [8]. The temperature anomaly values were all positive numbers which indicate that the temperature at that time period was warmer than usual. If there were negative numbers, it would have indicated that the temperature in Antarctica was cooler than usual [8]. The temperature anomaly data was obtained from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

After obtaining all the required data, it was organized and tabulated accordingly. Table 1 summarized the temperature anomaly in Celsius against the time period in years. Whereas table 2 summarized Antarctica's penguins' colonies along with the number of live chicks found at the different locations.

## 3. Results

Table 1. The change in temperature over time in years in Antarctica

Year	Anomaly ( $^{\circ}\text{C}$ )
1983	0.56
1986	0.40
1989	0.30
1990	0.49
1992	0.47
1993	0.47
1994	0.46
1995	0.55
1996	0.47
1997	0.62
1998	0.85
1999	0.53
2000	0.40
2001	0.52
2002	0.77
2003	0.80
2004	0.71
2005	0.94

\*The data from [9]

Table 2. The breeding population of chicks around Antarctica colonies

Cape Crozier	Beaufort Island	Franklin Island	Cape Washington	Coulman Island	Cape Roget
Breeding Population (Chicks Counts)					

78	175	4,893	16,384	21,708	3,777
---	---	---	19,364	---	---
---	---	---	22,819	---	---
324	---	---	23,502	27,920	6,921
374	---	---	26,511	34,735	6,478
---	---	---	23,920	18,767	6,551
645	1,356	1,548	23,780	20,204	6,358
623	412	1,785	22,354	---	---
859	1,360	3,241	17,896	19,471	7,207
821	---	---	---	---	---
1,108	---	---	---	---	---
798	---	---	---	---	---
1,201	2,038	2,915	17,397	---	---
0	1,065	1,496	18,734	---	---
247	1,430	---	11,093	---	---
333*	364	2,598	13,163	---	---
475	131	5,145	16,700	---	---
0	628	1,966	23,021	24,207	---

\*The number was assumed based on the number of adults available. Data from [7]

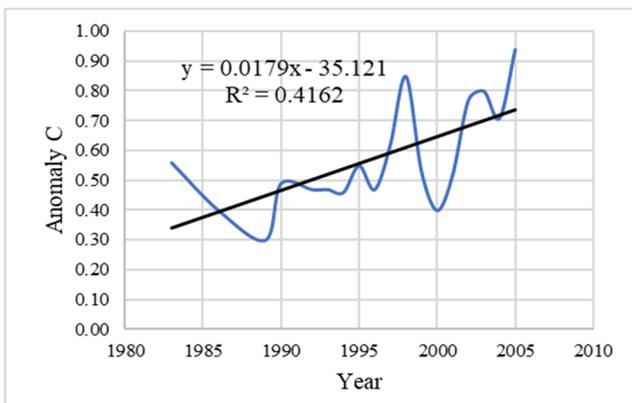


Figure 1. The change in temperature anomaly over time in years.

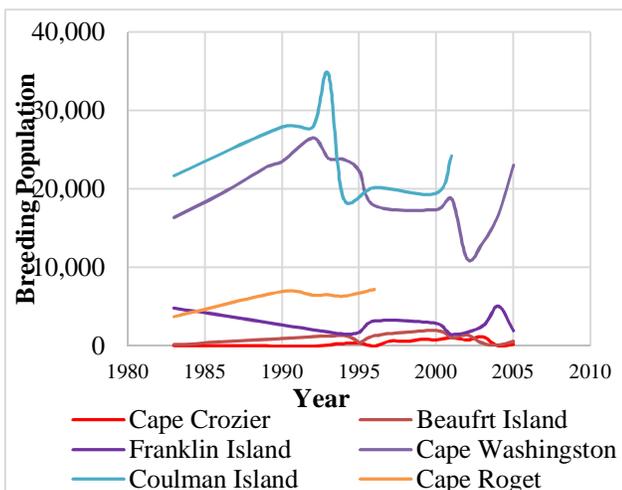


Figure 2. The relationship between the breeding population over time in years.

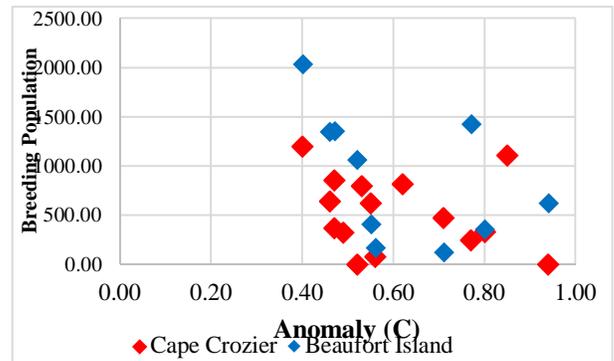


Figure 3. The relationship between the temperature and the breeding population in the specified locations.

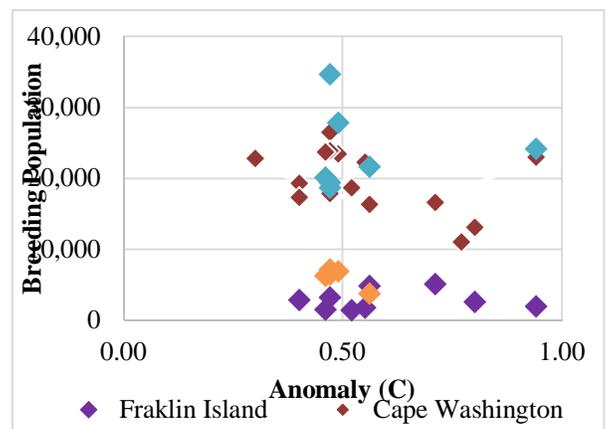


Figure 4. The relationship between the temperature and the breeding population in the specified locations.

### 4. Discussion

The relationships among the variables such as the population rate of the emperor penguins throughout a period of 18 years (between 1983 and 2005) were analyzed. The relationship between the rate of population and temperature anomaly as well as the change in temperature anomaly throughout the years was determined using a statistical analysis. The different colonies in Antarctica had different breeding populations as well, taking into consideration that some of the chicks counts data was missing (see table 2). The different colonies included Cape Crozier, Beaufort Island, Franklin Island, Cape Washington, Coulman Island, and Cape Roget.

Over time, the temperature in Antarctica started increasing gradually. These warm temperatures had a negative impact on Antarctica’s wildlife, especially the emperor penguins. The relationship between the penguin’s population and temperature anomaly show that the higher the temperature anomaly, the fewer penguins were born (see figure 2). For instance, Coulman island had the highest rate of the population at 0.47Co. However, by 2005, the population rate declined dramatically with an increase in temperature reaching 0.94Co.

The same case goes for all locations where the population rate decreased with the increase in temperature. Therefore, there was an inverse relationship between the breeding and temperature (see figure 2). When the temperature increases, the penguin's population decrease.

The relationship between temperature anomaly over the time period in years indicated that the temperature did not have a constant trend over time (see figure 1). The anomaly increased and decreased over time throughout the years having values that were higher than the trend line and others that were lower. The anomaly had a range between 0.30Co to 0.94Co which are considered high temperature anomaly rates for emperor penguins. The lowest anomaly found was very warm for the biodiversity living in Antarctica including the emperor penguins. This type of birds usually breeds in temperatures as low as -40 oC. However, the anomalies found during that time had much warmer temperatures. Having these high temperatures declined the population rate where it decreased the chances of breeding.

The relationship between the breeding population over time in years was also determined. The relationship indicated that there were differences between the locations throughout the years. Coulman island had the highest population rate in comparison with the other locations (see figure 4). Whereas Cape Crozier had the lowest breeding population over time where it had 0 chicks by 2005 (see Figure 3). The breeding population differed in all locations over time, meaning it increases and decreased as the years passed. Some of the data, however, was missing for some locations in specific years which can also affect the research. To conclude from all of the locations tested, the population rate dramatically decreased for all the locations except for Beaufort island (see figure 3). For instance, Coulman island had the highest population rate in 1992. However, in 1993, there was a dramatic drop in the emperor penguin's population rate (see Figure 4). The same case goes for Cape Washington, where the highest number of penguins were born in 1992 and then the rate started dropping from 1993 until 2005 (see Figure 4). Cape Roget had less data than the other locations, but from what is visible, the population was increasing. Beaufort island was the only location that had an increasing population until 2005 (see figure 3).

## 4. Conclusions

Climate change is known as the weather changes occurring in a region. Climate change affects all sorts of biodiversity on Earth including animals and plants. One of those species was the emperor penguin which require very low temperature to survive. However, with the change in climate and the increase in temperature in Antarctica, the population rate was declining since these penguins require very low temperatures to breed as well as a good food source. The fact that the rate of breeding was decreasing proved the hypothesis made where the temperature increases, the penguins population decreases.

Generally, climate change negatively impacts the wildlife and plants by declining their population and destroying their habitat which eventually leads them to extinction. These impacts will affect us as well in the near future if there was no action taken neither a solution found. It can decrease our food sources, clean air, and can cause more solid waste in the environment making it inhabitable.

There are different solutions that can be taken into consideration in order to reduce climate change. Some of these solutions include the reduction of oil, coal, fuel fuels, and natural gas usage, reducing vehicles numbers by using public transportation and bikes or moving closer to work. The upgrade of infrastructure where building some energy efficient buildings to reduce green-house gas emissions.

## ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank the 100-K Strong in the Americas Grant, Wilkes University and Universidad Tecnológica de Panamá for giving me the opportunity to do an exchange program at UTP. Thank you to Dr. Casilda for the help through the construction of this research as well as the information which were very beneficial throughout the process of writing this report.

## REFERENCES

- [1] C. Change, "What Climate Change," 2016.
- [2] J. Gregory, T. Stocker, P. Lemke, and N. Bindoff, "Climate change 2007: the physical science basis," *Contrib.*, 2007.
- [3] T. R. Karl and K. E. Trenberth, "Modern global climate change," *Science* (80-. ), vol. 302, no. 5651, pp. 1719–1723, 2003.
- [4] D. J. McCafferty, C. Gilbert, A.-M. Thierry, J. Currie, Y. Le Maho, and A. Ancel, "Emperor penguin body surfaces cool below air temperature," *Biol. Lett.*, vol. 9, no. 3, p. 20121192, 2013.
- [5] B. Wienecke, G. Robertson, R. Kirkwood, and K. Lawton, "Extreme dives by free-ranging emperor penguins," *Polar Biol.*, vol. 30, no. 2, pp. 133–142, 2007.
- [6] C. Barbraud and H. Weimerskirch, "Emperor penguins and climate change," *Nature*, vol. 411, no. 6834, p. 183, 2001.
- [7] S. M. Barber-Meyer, G. L. Kooyman, and P. J. Ponganis, "Trends in western Ross Sea emperor penguin chick abundances and their relationships to climate," *Antarct. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 3–11, 2008.
- [8] J. Hansen, R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo, "Global surface temperature change," *Rev. Geophys.*, vol. 48, no. 4, 2010.
- [9] National Center for Environmental Information, "Climate at a glance :National Time Series." [Online]. Available: <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>.

# Microplastic ingestion: Are seabirds more affected than other marine species?

## Ingestión de microplásticos: ¿Son las aves marinas más afectadas que otras especies marinas?

*Khrista Baran<sup>1</sup>, Casilda Saavedra<sup>2\*</sup>*

*<sup>1</sup> Wilkes University, <sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Panamá*

**Abstract** In recent times, plastic production has increased due to the convenience and multipurpose use. As plastic may make life easier on humans, the amount of plastic debris has increased as well as the effect on marine life. Since it is a relatively new topic, the effects on marine species are trying to be modeled in laboratories and observed in the field. The effects of plastic marine debris include but are not limited to entanglement, ingestion, possible bioaccumulation, chemical exposures, and even death. Larger plastics can become smaller particles, microplastics, which are difficult to study the effects on marine life due to the small size. Microplastics are a global issue that affect species. Some of the factors that are considered of why different organisms ingest plastics include: method of feeding, color, age, and accidental/secondary ingestion. The focus of this research article is the ingestion of average percentage of microplastics of seabird species compared to other marine species throughout the world.

**Keywords** Microplastic, ingestion, seabirds, effects.

**Resumen** En los últimos tiempos, la producción de plástico ha aumentado debido a la conveniencia y al uso multipropósito. Como el plástico puede hacer la vida más fácil a los seres humanos, la cantidad de desechos plásticos ha incrementado, lo mismo que los efectos en la vida marina. Dado que es un tema relativamente nuevo, los efectos de los microplásticos sobre las especies marinas están intentando ser modelados en laboratorios y observados en el campo. Los efectos de los desechos plásticos en las especies marinas incluyen, entre otros, el enredo, la ingestión, la posible bioacumulación, las exposiciones químicas e incluso la muerte. Los plásticos más grandes pueden convertirse en partículas más pequeñas, conocidas como microplásticos, que, debido a su reducido tamaño, hacen difícil el estudio de sus efectos en la vida marina. Los microplásticos son un problema global que afecta a las especies. Algunos de los factores que influyen en la afectación de especies marinas por microplásticos son: la alimentación, el color, la edad y la ingestión accidental / secundaria. El enfoque de este artículo de investigación es la ingesta del porcentaje promedio de microplásticos por especies de aves marinas en comparación con otras especies marinas en todo el mundo.

**Palabras clave** Microplástico, ingesta, aves marinas. Efectos.

\* Corresponding Author: casilda.saavedra@utp.ac.pa

### 1. Introduction

Anthropogenic production has an effect on the environment. Specifically, plastic production has effects on marine organisms when it is disposed of and becomes debris. The multiple, often single use, cheap, and durable material of plastic is having negative impacts on the world all for convenience [1]. Out of all forms of marine debris, 84% of species are affected by plastic while only 16% are affected by other forms of debris [2]. Plastic is easily dispersed across the oceans due to the ability to float, hard to break down properties,

prevailing winds, and surface currents [3]. From 1572 different sampling sites, a model was created to estimate that there are about 5.25 trillion plastic particles that weigh about 268,940 tons [3].

Plastics can be divided into four different categories based on size: small microplastic 0.33 mm to 1.00 mm, large microplastic 1.01 mm to 4.75 mm, mesoplastic 4.76 mm to 200 mm, and macroplastic greater than 200 mm [3]. Lusher mentions plastic production is a newer practice and increases annually by 5%. Larger plastics are broken down creating microplastics. The hazards associated with the microplastic

particles in marine life is not well known, but can create harmful effects [4]. There are some laboratory studies and models performed to better understand the effects of microplastics such as equilibrium partitioning, decomposition and disintegration, bioaccumulation, and implications and risks of chemicals [5]. However, most studies that are performed in the field which are mainly observational.

Microplastics can be categorized in two parts: primary the feedstock pellets used in the plastic industry or secondary the breakdown of larger plastic pieces [6]. Here are a few reasons why microplastics could be harmful: according to the United Nations Globally Harmonized System (GHS) more than 50% of the plastics are a part of hazardous monomers, additives, and chemical byproducts [4], the additives in plastic can leach out of the ingested plastic [7], and persistent organic pollutants (POPs) can absorb the plastic fragments which can clean the water of the pollutants, but it can be a source of toxicity to the organisms that ingest the particles [7].

Many species around the world are affected by plastics by either entanglement or ingestion. Entanglement is a more visual, external issues for marine life with larger plastic particles, while ingestion is not as visual, but rather an internal issue and usually deals with smaller plastic particles [8]. A study performed in 1997 by Laist [9], shows 177 species were affected by the ingestion of microplastics. A similar study was performed by Kuhn in 2015 and shows 331 species [8] were affected by microplastic ingestion.

Ingestion could be broken down into two parts: intentional (foraging, color, age) or accidental/secondary ingestion [8]. Foraging is common a common way of microplastic ingestion in seabirds due to how they feed, it can be passed through their stomachs or regurgitated since they are used to doing that with other prey remains [8]. Color of the plastic and age of the species are other factors of intentional ingestion. Species are attracted to specific colors that are of their prey [8]. Age is a factor since younger species usually ingest more plastic than older ones [8].

Accidental ingestion and secondary ingestion are other components that affect marine life. Accidental ingestion is common with species which filter larger bodies of water into their systems while eating. On the other hand, secondary ingestion is when a species consume prey which has ingested plastic. The impacts of ingestion vary from mortality, indirect physical effects, chemical effects, chain effects, and species dispersal [8]. Death can occur if the gastrointestinal tract is blocked or damaged when the plastic is ingested, while the indirect physical effects can be blockage or damage of the digestion tract impacting poor nutrition and dehydration in animals, reduced stomach storage, ulcerations, and interference with brain signals [8]. Chemical effects can occur from the breakdown of plastics. The chemicals released from

the additives in the plastic break down during the digestive processes and the chemicals can be released. Chain of impacts of plastic ingestion are common in seabirds (due to breeding seasons and winter travel) and can be bio-transferred to different environment [9].

The purpose of this study is to compare microplastic ingestion of seabird species to other marine species globally. Other marine species include: sea turtles, fish, marine mammals, and invertebrates.

## 2. Methodology

In order to compare if seabirds have more microplastic ingestion than other marine species globally, a literature review was done on microplastics and its effects on marine species. The majority of studies are qualitative, focusing on documenting the effects rather than comparing which species is more affected. One review study was found with data from different studies [10]. From this study, a computation was done by continent or ocean on the population of different species affected in order to find out whether seabirds are more prone to impacts from microplastics. The number of species were counted based on continent and ocean, and the total studied were summed. In order to find the number of seabirds or other marine species with microplastic ingestion, the average percentage of species with microplastic ingestion was converted to a percent and then multiplied by the total studied. Since species can only exist fully, the decimal value was rounded up if applicable in both the average percentage of microplastics ingested and the number of plastic ingestions.

For visual representation, a bar graph comparing the average percentage of ingested plastic of seabird species to the other marine species in the common locations. Two additional bar graphs were created to show all the continents and oceans of the average percent of ingested microplastic for the seabirds and other marine organisms.

## 3. Results

The data on seabird species from Lusher (2015) were analyzed and computations were done. Table 1 and figure 1 present the seabird population affected by microplastic ingestion by continent, while table 2 and figure 2 show the same information for other marine species.

**Table 1.** Seabird species affected by microplastic ingestion d by continent and ocean

Location (Continent/Ocean)	Average % of Microplastic Ingestion	Number of Species	Total Studied	Number of Seabird Species with Plastic Ingestion
Antarctica	24	10	1036	250

Arctic Ocean	24	2	201	47
Atlantic Ocean	47	13	1556	735
Australia	58	3	195	114
Europe	51	10	267	137
North America	57	44	3588	2057
Oceania	37	7	1318	485
Pacific Ocean	60	30	2446	1472
South America	78	9	128	100
Southern Ocean	43	29	3141	1348

Source: Data from 10.

Table 2. Marine species (except seabirds) affected by microplastic ingestion, by continent and ocean

Location (Continent/Ocean)	Average % of Microplastic Ingestion	Number of Species	Total Studied	Number of other Marine Species with Plastic Ingestion
Asia	38	1	16	6
Atlantic Ocean	6	6	959	54
Australia	100	1	146	146
Europe	43	18	2330	994
North America	34	10	204	68
Pacific Ocean	29	21	1532	442
South America	15	9	1201	183

Source: Data from 10.

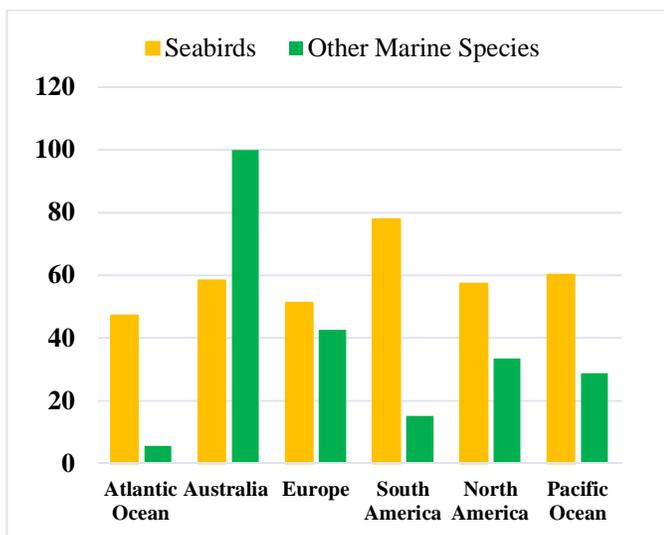


Figure 1. Comparison of seabirds to other marine species average percentage of plastic ingestion.

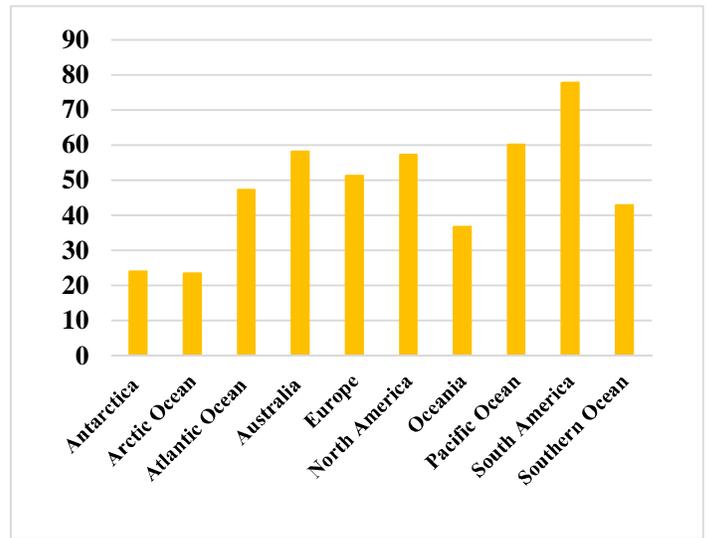


Figure 2. Seabird species average percentage of microplastic ingested for all continents and oceans.

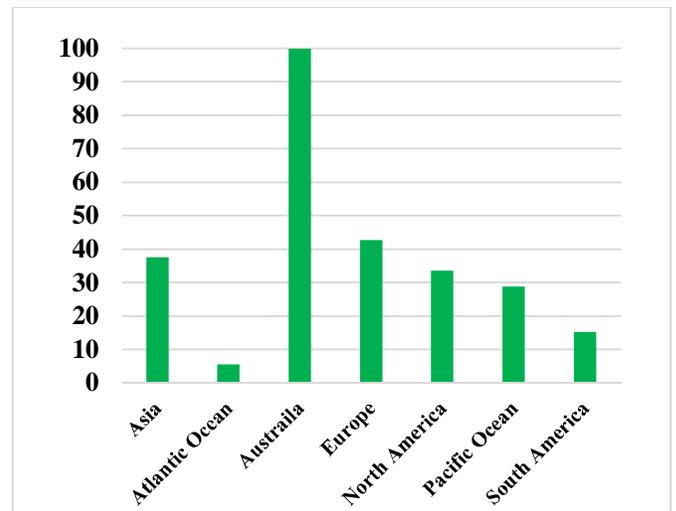


Figure 3. Other marine species average percentage of microplastic ingested for all continents and oceans.

The common continents and oceans between the seabirds and other marine species were the Atlantic Ocean, Australia, Europe, North America, and the Pacific Ocean. From figure 1, all but one location had higher percentage of microplastic ingestion in seabirds than other marine species. The country that did share the trend was Australia, other marine species had a higher percentage (100%) of microplastic ingestion while seabirds were 58%. The Atlantic Ocean had about 47% of seabirds with microplastic ingestion while other marine species were only about 6%. Europe's average microplastic ingestion of seabirds was about 51% and other marine species were 43%. South America had an average of microplastic ingestion in seabirds of 78% and other marine species, 15%. North America

had an average of 57% for seabirds and 34% for other marine species. The Pacific Ocean had 60% of microplastic ingestion in seabirds and 29% for other marine species.

For seabirds, the other continents and oceans included Antarctica, Arctic Ocean, and Oceania (10 locations total). The average percentage of microplastic ingestion in seabirds from these locations were: Antarctica (24%), Arctic Ocean (24%), and Oceania (37%).

For other marine species, the additional location included Asia (7 locations total) which had an average of microplastic ingestion of 38%. Seabirds are the most common species to be attracted to microplastic ingestion.

#### 4. Discussion

Out of the common locations of both seabird species and other marine species, Australia was the only location which other marine organisms had a higher average percentage of microplastic ingestion than seabird species. The reasoning could be the other marine species only had one species contribute to the results, 1 fur seal with 146 scats, feces contributing to 100% microplastic ingestion.

Another interesting result from the data was the South America seabird species and other marine species. While it did follow the trend of seabird species ingesting more plastic than other marine species, the number of other marine organisms studied was 1201, while the seabirds were only 128 but still had a larger percentage of microplastic ingestion and the same number of species studied.

From the results, seabird species are more affected by microplastic ingestion than other marine species. This could be due to the fact there is more seabird species data than other marine species. Seabirds are located around the world so it is an easier species to analyze. Seabirds also hunt prey by foraging. This way of consuming food can increase plastic ingestion due to plastic's buoyance.

#### 5. Conclusions

Due to anthropogenic use of plastic, the effects on marine life when it becomes debris is becoming a rising issue and concern. As the plastic breaks down and filters into the marine environment, many species are being observed to see how the microplastics are affecting them. From a global stand point and the average percentage of microplastic ingestion, seabird species are more prone to ingestion microplastics than other marine species in common locations of previous studies (Atlantic Ocean, Europe, South America, North America, and the Pacific Ocean).

#### ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank the 100-K Strong in the Americas Grant and Wilkes University for the opportunity to do an exchange program at Universidad Tecnológica de Panama. I would also like to thank Universidad Tecnológica de Panama

for the experience to take a research methods course. In addition, to the universities, special thanks go to Dr. Murthy and Dr. Casilda Saavedra for the support while writing this article.

#### REFERENCES

- [1] J. G. B. Derraik, "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 44, no. 9, pp. 842–852, 2002.
- [2] D. W. Laist, "Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records," in *Marine Debris*, Springer, 1997, pp. 99–139.
- [3] M. Eriksen et al., "Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea," *PLoS One*, vol. 9, no. 12, p. e111913, 2014.
- [4] C. M. Rochman, E. Hoh, T. Kurobe, and S. J. Teh, "Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress," *Sci. Rep.*, vol. 3, p. 3263, 2013.
- [5] A. A. Koelmans, "Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. A critical review," in *Marine anthropogenic litter*, Springer, Cham, 2015, pp. 309–324.
- [6] F. Faure, M. Corbaz, H. Baecher, V. Neuhaus, and L. de Alencastro, "Pollution due to Plastics and Microplastics in Lake Geneva," in 6th International conference on water resources and environmental research, 2013, no. EPFL-POSTER-187023.
- [7] A. L. Andrady, "Microplastics in the marine environment," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 62, no. 8, pp. 1596–1605, 2011.
- [8] S. Kühn, E. L. B. Rebolledo, and J. A. van Franeker, "Deleterious effects of litter on marine life," in *Marine anthropogenic litter*, Springer, Cham, 2015, pp. 75–116.
- [9] S. C. Gall and R. C. Thompson, "The impact of debris on marine life," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 92, no. 1–2, pp. 170–179, 2015.
- [10] A. Lusher, "Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects," in *Marine anthropogenic litter*, Springer, Cham, 2015, pp. 245–307.

# VII International Engineering Science and Technology Conference

*"To complex problems,  
multidisciplinary solutions"*

*"Celebrating the 500<sup>th</sup>  
Anniversary of Panama City"*

**October 9 - 11, 2019**

**Wyndham Panama Hotel Albrook Mall**

**Call for Papers**  
<http://congreso.utp.ac.pa>

## AREAS OF INTEREST:

- ◆ Agroindustry
- ◆ Basic Sciences
- ◆ Economy and Society
- ◆ Engineering Education
- ◆ Energy and Environment
- ◆ Infrastructure
- ◆ Logistic and Transportation
- ◆ Management, Entrepreneurship and Innovation
- ◆ Robotic, Automation and Artificial Intelligence
- ◆ Information Technology and Communication
- ◆ Emerging Technologies

## IMPORTANT DATES:

Nov. 1<sup>st</sup>, 2018

April 1<sup>st</sup>, 2019

July 1<sup>st</sup>, 2019

Papers reception opens

Papers reception closes

Notification of acceptance begins

In order to include the accepted papers in the **IESTEC-2019** program, at least one of the authors, must pay by July 31<sup>st</sup>, 2019.



Feria  
Internacional del  
Libro de Panamá

2019

LEE NUESTRO  
PASADO  
IMAGINA TU  
FUTURO

13 AL 18  
DE AGOSTO  
ATLAPA

ORGANIZA:



CÁMARA  
PANAMEÑA  
DEL LIBRO

PANAMÁ  
500  
AÑOS





## Portal de REVISTAS ACADÉMICAS UTP

INICIO ACERCA DE ÁREA PERSONAL BUSCAR

Inicio > Portal de Revistas Académicas UTP

### Portal de Revistas Académicas UTP

Bienvenido al Portal de Revistas académicas (Investigación, Cultural, Profesional) de la Universidad Tecnológica de Panamá. Este sitio nace como una iniciativa del proyecto del Repositorio Institucional (UTP-Ridda2) para mostrar la producción de docentes, investigadores y estudiantes, proyecto desarrollado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, la Dirección de Comunicación Estratégica y Editorial Universitaria, con el apoyo de las principales autoridades de nuestra Universidad.

ABCDEFGHIJKLMNÑOPQRSTUVWXYZ Todo



#### I+D Tecnológico

Desde 2002 se propuso la edición de la Revista de I+D Tecnológico (P-ISSN 1680-8894 & E-ISSN 2219-6714), con el propósito de promover la labor de investigación en el ámbito nacional e internacional.

La Revista de I+D Tecnológico (RIDTEC) es una revista abierta (OA) evaluada por pares (doble ciego) con publicación semestral de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), especializada en las áreas de las ciencias básicas e ingeniería y otras áreas del conocimiento.

[VER REVISTA](#) | [NÚMERO ACTUAL](#) | [REGISTRARSE](#)



#### Prisma

Prisma Tecnológico (P-ISSN 2076-8133 & E-ISSN 2312-637X)

Es una publicación anual de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) que se realiza a través del Departamento de Editorial Universitaria, bajo el sello Editorial Tecnológica. Es una revista abierta indexada a LATINDEX, que ofrece artículos de contenido tecnológico y científico multidisciplinarios, cuyo objetivo es divulgar conocimiento técnico-científico, comunicar temas de ingeniería y ciencias básicas y exactas, y presentar temas sociales desde una perspectiva técnica-científica, a profesionales y estudiantes de las diversas áreas de la ingeniería, así como al público nacional e internacional, de manera comprensible y amena, con claridad, amplitud y responsabilidad.

[VER REVISTA](#) | [NÚMERO ACTUAL](#) | [REGISTRARSE](#)



#### Revista de Iniciación Científica

RIC (P-ISSN 2412-0464 & E-ISSN 2413-6786), es una revista abierta a la difusión, a los intercambios y a los debates de interés de la comunidad universitaria, esencialmente a nivel de pregrado con el objetivo de promover la creación, la expresión y la diseminación de trabajos novedosos y empíricos. En la RIC se publican, prioritariamente trabajos originales relacionados con los temas de ciencias, tecnología e ingeniería, desarrollados por estudiantes de licenciatura, en español, portugués o en inglés, incluyendo resultados de trabajos de términos de grado y otros trabajos de investigación desarrollados en pregrado.

[VER REVISTA](#) | [NÚMERO ACTUAL](#) | [REGISTRARSE](#)

OPEN JOURNAL SYSTEMS

Servicio de ayuda de la revista

USUARIO/A

Ha iniciado sesión como...

dannym

- Mis revistas
- Mi perfil
- Cerrar sesión
- Cerrar sesión de usuario/a

IDIOMA

Escoge idioma

Spanish

CONTENIDO DE LA REVISTA

Buscar

Ámbito de la búsqueda

Todo



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

El **Portal de Revistas Académicas UTP**, es un componente del proyecto **UTP-RIDDA2** (Repositorio institucional de acceso abierto de la Universidad Tecnológica de Panamá).

#### Componentes del Repositorio Institucional

- Portal de Revistas
- Repositorio de Investigación
- Repositorio de Tesis
- Repositorio de Organizacional
- Repositorio de Académico

#### Objetivo General del Portal de Revistas

Mejorar la visibilidad de las publicaciones científicas de la Institución a nivel nacional e internacional a través del uso de un sistema de gestión, de información y de consulta ágil y de uso internacional.

Visítenos en:

<http://www.revistas.utp.ac.pa>

No es necesario registrarse para tener acceso a los contenidos de las revistas

**Camino a la excelencia a través del mejoramiento continuo**



**Universidad Tecnológica de Panamá**

Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso,  
Edificio de Postgrado, Planta Baja.  
Teléfono: (507) 560-3703 / Telefax: (507) 560-3442  
Correo Electrónico: [editorial@utp.ac.pa](mailto:editorial@utp.ac.pa)  
Web: [www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)  
Apartado Postal 0819-07289 El Dorado,  
Panamá Provincia de Panamá  
República de Panamá.