

ISSN: L2805 -1874

# Universidad de Panamá Facultad de Ingeniería



# REI IT

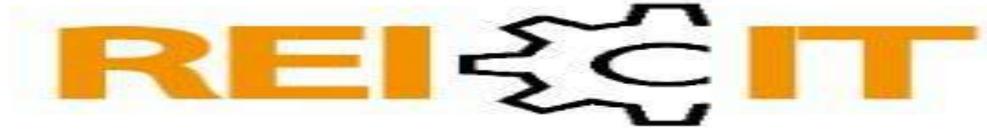


## Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra

Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022



Campus Harmodio Arias Madrid  
(Domo - Curundú)  
Teléfonos: 523-7500  
[revistafi@up.ac.pa](mailto:revistafi@up.ac.pa)



**Revista especializada de  
Ingeniería y Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805-1874**

**Volumen 2 Número 1  
Julio – Diciembre 2022**

**Publicación semestral**

**Campus Harmodio Arias Madrid  
Domo – Curundu  
523-7500**

**revistafi@up.ac.pa**

# **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**Eduardo Flores Castro**

Rector

**José Emilio Moreno**

Vicerrector Académico

**Jaime Javier Gutiérrez**

Vicerrector de Investigación y Postgrado

**Mayanín Rodríguez**

Vicerrector de Asuntos Estudiantiles

**Ricardo Him Chi**

Vicerrector de Extensión

**Arnold Muñoz**

Vicerrector Administrativo

**José Luis Solís**

Director de Centros Regionales

Ricardo A. Parker D.

**Secretaría General**

**José Álvaro**

Presidente de la Asociación de Profesores

# **Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra (REICIT)**

Campus Universitario Dr. Arias Madrid, Curundu, Universidad de Panamá, Teléfonos +507 523-2189

Correo electrónico: [revistafi@up.ac.pa](mailto:revistafi@up.ac.pa)

## **Consejo Editorial**

### **Director**

Msc. Elias Lopez Otero

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

### **Editor**

Dr. Jorge Martinez

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

## **Comité Científico**

Magister Leonardo Collado

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Maricarmen Gonzalez

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

## **Comité Editorial**

Dr. Francisco Farnum, Universidad de Panamá

Doctora Judith Águila, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias de la Educación

Doctora Soraya Rincón, Universidad del Caribe

Doctora Belka Bonnet, docente investigador, UDELAS, Universidad de Panamá

Doctor Alvaro Gonzalez, Universidad de Valencia, Venezuela

Magister Paul Perez, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Enrique Vargas Fanuco, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Ingeniero Exelideth Pitano, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Raúl Ramos, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

Magister Geris Medina, docente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Panamá

Magister Michael Castillo, docente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Panamá

Magister Irving Izasa, Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería

## **Soporte Técnico**

Ing. Victor Poveda Open Journal System (OJS)

Licenciado Rafael Archibold, Universidad de Panamá

Lic. Luis Canto, Registro inscripciones



# UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

## Facultad de Ingeniería



### **Editorial REICIT**

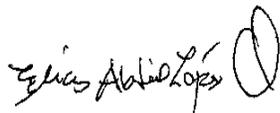
En camino a la “REACREDITACIÓN” mediante el mejoramiento continuo, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá presenta la tercera publicación de la Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra (REICIT) Volumen 2 número 1, galardonada en la categoría “REVELACIÓN” en marzo 2022, motivo por el cual felicitamos efusivamente al equipo editorial, pues con su labor muy profesional e incondicional se hace posible las publicaciones semestrales, sentido de pertinencia que nos motiva a seguir trabajando. REICIT presenta publicaciones de Estudiantes, Docentes e Investigadores, el cual nos llena de satisfacción por el impulso al desarrollo del conocimiento de la ciencia abierta, dedicada a nuestro motivo de ser, a ustedes nuestros lectores.

Con esta publicación la Facultad de Ingeniería contribuye al desarrollo de la investigación de la Universidad de Panamá. con la difusión permanente de los resultados de los Proyectos de Investigaciones útil a la Comunidad Científica Especializada. Por primera vez REICIT, presenta doce artículos. El primero, nos señala estudios de procesos sobre prótesis de mano controlada con señales EEG para discapacitados; el segundo trabajo nos identifica los procesos estadísticos de la determinación de las diferentes carreras de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá. Otro aporte en el ámbito de la Ingeniería Civil es el denominado, Propuesta Geotécnica de estabilización de talud bajo condición de falla a derrumbe, con demostraciones de pruebas de campo.

En la esfera internacional tenemos influencia de la suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras sobre la producción de leche. Presenta un modelo de Toma de Decisiones y la Gestión de Rentabilidad en las Empresas del Sector Rural. Otra es la temática relacionada gestión con el Área de Prevención y Riesgos, donde se valora la Seguridad Industrial en la Prevención de Riesgos Laborales. El tema Ambiental se integra con el trabajo Ingeniería Verde Aplicada, hacia la Evolución Sostenible de los Sistemas de Producción Industrial.

REICIT, pone a la disposición de los lectores y autores estas nuevas publicaciones para su evaluación. Y abre sus puertas a todos los profesionales de las Ingenierías y Ciencias de la Tierra, para que encuentren en ella una ventana para divulgar su producción científica.

Atentamente,



**ELÍAS A. LÓPEZ OTERO M.Sc.**  
**Decano**



**ÍNDICE**

1. Toma de decisiones en la determinación de la carrera académica de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá, febrero-marzo 2022 ,Paola I. Navarro Bernal, Jorge Luis Martinez Ramirez . (Pág. 7-18)
2. Universidad y medio ambiente: Retos que debe asumir. Elzebir Tejedor De León, Damaris Tejedor De León, Ramona Araya3 Boris Ortega Aranda (Pág. 19-29)
3. Estudio sobre prótesis de mano controlada con señales EEG para discapacitados. José Francisco Castro Vargas, Jorge Luis Martinez Ramirez (Pág. 30-50).
4. Propuesta geotécnica a estabilización de talud bajo condición de falla a derrumbe global en el sector de Miramar distrito de santa Isabel provincia de colon. Irving Isaac Isaza Santos, Freddy González, Ricardo Dominguez. (Pág. 51-65).
5. Influencia de la suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras sobre la producción de leche. Yaliska Moreno G, Jesica Iorio, Maria F. Olmedo, Rafael A. Palladino, Eloy E. Salado. (Pág. 66- 75).
6. Modelo de Toma de Decisiones y la Gestión de Rentabilidad en las Empresas del Sector Rural en la Ciudad de Panamá, 2019. Jonathan Benjamín García, Mirna Ibeth Rodríguez. (Pág. 76- 100).
7. La importancia de la seguridad industrial en la prevención de riesgos laborales. Fernando Blanco Silva, Oriol Sarmiento Díez, (Pág. 101- 113)
8. Adaptación de los estudiantes de relaciones públicas a la era digital. Emmanuel Alemán Ariza. (Pág. 114- 137).
9. Ingeniería Verde Aplicada, hacia la Evolución Sostenible de los Sistemas de Producción Industrial. Medina Villa, Geris Itzel. (Pág. 138- 157)
10. Conexión a la internet de los estudiantes del Centro Regional Universitario de Coclé, entre el año 2021 y el año 2022. Ariel José García Aguilar. (Pág. 158- 174)
11. Vivienda prefabricada para trabajadores en las plantaciones en américa central entre 1850 -1930. Rómulo A. Cerón Calderón. (Pág. 175- 190)
12. Uso del aprendizaje automático para predecir si una fundación cuadrada aislada propuesta cumple con el estándar ACI 318-11. Gabriel Muntafar, (Pág. 191 -208)



**Revista Especializada de Ingeniería y  
Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805 -1874**

**Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022**

**Toma de decisiones en la determinación de la carrera académica de estudiantes de  
la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá, febrero-marzo 2021**

**Decision making in determining the academic career of a student of the Faculty of  
Engineering of the University of Panama, February-March 2021.**

**Paola I. Navarro Bernal**  
**Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería**  
**Paolaisabelnavarrobernal@gmail.com**  
**ORCID.ORG/0000-0002-0038-6287**

**Jorge Luis Martínez Ramírez**  
**Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería**  
**jorgel.martinez@up.ac.pa**  
**ORCID.ORG/0000-0002-1036-6167**

Recibido:8/3/2021 Aceptado: 18/11/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

## **Resumen**

Las decisiones académicas al elegir una carrera universitaria constituyen en la actualidad un gran reto para los jóvenes universitarios, considerando que de esto va a depender su futuro laboral. En esta investigación, se abordó la problemática de la toma de decisiones en la selección de una carrera universitaria en el ámbito educativo de la facultad de ingeniería de la universidad de Panamá.

Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra Universidad de Panamá  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICT>

El objetivo de este estudio es describir la toma de decisiones en la determinación de la carrera académica de un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá, estudio descriptivo de corte transversal durante el periodo febrero-marzo 2022. Se utilizó para la recolección de datos un cuestionario electrónico que constaba de 12 preguntas abiertas y cerradas el cual se diseñó para esta investigación fue validado por 2 expertos en psicología.

Resultados: el 57,1% de los sujetos de estudio refirieron que su proceso de toma de decisiones a elegir una carrera fue bueno, sin embargo, el 61,9% contestó que no recibió orientación vocacional en su colegio de procedencia.

Conclusión: Este estudio refleja un marcado déficit en la orientación que reciben los estudiantes en sus colegios de procedencia lo que hace que el proceso de toma de decisiones sea más difícil para elegir una carrera académica.

**Palabras clave:** toma de decisión, preferencias académicas, carrera universitaria, orientación profesional.

### **Abstract**

Academic decisions when choosing a university career are currently a great challenge for young university students, considering that their future employment will depend on it. In this research, the problem of decision making in the selection of a university career in the educational environment of the engineering faculty of the University of Panama was approached.

The aim of this study is to describe the decision making in the determination of the academic career of a student of the Faculty of Engineering of the University of Panama, a descriptive cross-sectional study during the period February-March 2022. An electronic questionnaire consisting of 12 open and closed questions was used for data collection, which was designed for this research and validated by 2 experts in psychology.

Outcomes: 57.1% of the study subjects reported that their decision-making process to choose a career was good; however, 61.9% answered that they did not receive vocational guidance in their school of origin.

Conclusion: This study reflects a marked deficit in the orientation that students receive in their schools of origin, which makes the decision-making process more difficult when choosing an academic career.

**Key words:** decision making, academic preferences, college career, vocational guidance.

## **Introducción**

Una característica de la sociedad en la que vivimos está íntimamente relacionada con el hecho de que el conocimiento es uno de los valores fundamentales de la ciudadanía. El valor de las sociedades actuales está directamente relacionado con el nivel educativo de sus ciudadanos y la capacidad de innovación y emprendimiento que posean (Ruiz-Gutiérrez & Santana-Vega, 2018).

Para un estudiante, elegir una carrera universitaria es un serio desafío, sobre todo, cuando no cuenta con los recursos suficientes que le proporcionen la preparación adecuada para que pueda actuar por sí mismo, de manera segura, y lo conducirá a una decisión que tendrá un signo negativo y definitivo para su vida futura en el campo académico y profesional. (Bethencourt Benítez et al., 2002)(Vuelvas Salazar, 2008). Otro punto que hay que tener en cuenta es que a medida que las personas avanzan en su madurez y desarrollo, en ocasiones cambian sus preferencias (Guerra Rubio, 2007).

Del mismo modo, la elección de carrera se correlaciona con factores como la tradición familiar, el salario o la popularidad de los medios, lo que significa que algunos adolescentes están más inclinados a encontrar trabajos satisfactorios y prometedores, incluso si no les brinda ninguna satisfacción. Santana Vega 2015.

Otro factor por considerar que puede influir en la decisión de los jóvenes de elegir una profesión al finalizar la secundaria es la orientación que reciben durante su formación, algunas solo consisten en información a través de conferencias Guerra Rubio (2007).

Desde este punto de vista, la decisión sobre la elección de la profesión es muy importante, porque es el germen que determina la vida posterior. El interés no es algo que se descubra fácilmente, pues contempla otros factores y su formación es importante desde las primeras etapas del desarrollo, por lo que, será esencial que el joven perciba cuáles son sus intereses e inclinaciones para que pueda tomar la correcta decisión sobre su profesión (NIAMA et al., 2020).

La toma de decisiones se activa cuando surgen conflictos en distintos ámbitos de la vida para los que hay que encontrar la mejor solución posible. Los jóvenes preuniversitarios enfrentan esta realidad ante el problema que se les presenta al finalizar su bachillerato, deben decidir sus alternativas posibles como lo son las ofertas académicas de las diferentes universidades, factores económicos, vocación entre otros,

además pensar en los resultados a los que lo llevara su toma de decisiones en el futuro(Bethencourt Benítez et al., 2002).

la presente investigación tuvo como objetivo, describir la toma de decisiones en la determinación de la carrera académica de un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá

### **Metodología**

Estudio de tipo descriptivo de corte transversal, durante el periodo de 15 de febrero al 15 de marzo del 2022. Para participar del estudio previamente el estudiante debía dar su consentimiento, estar último año de la carrera de estudio.

### **Población y muestra**

Estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá matriculado en el primer cuatrimestre del 2022 se utilizó un muestreo por conveniencia y cumplimiento de cuotas, la muestra la conformaron 35 estudiantes que aceptaron participar del estudio. Por lo que los resultados de esta investigación no se pueden extrapolar a la población.

### **Variables e instrumento utilizado**

La variable principal estudiada fue la toma de decisiones para elegir una carrera académica y las variables independientes las sociodemográficas y los factores que incidían en la decisión. Se diseñó un instrumento en formato electrónico para este estudio que recopilaba datos sociodemográficos, así como datos de colegio de procedencia, carrera que estudia actualmente, además seis variables sobre factores que incidieron en su proceso de toma de decisiones de la carrera a estudiar y por último cómo valora su proceso de toma de decisiones.

### **Procedimiento**

El cuestionario se les enviaba los estudiantes a través de su correo electrónico institucional de la universidad, por tener acceso a este como estudiantes, donde se les solicitaba primero el consentimiento para participar del estudio y se les hace referencia al respeto a la confidencialidad y anonimato de la información, el cuestionario no recopilaba datos de identificación del estudiante, se respetaron todos los principios éticos de justicia, beneficencia, no maleficencia y autonomía en todo momento.

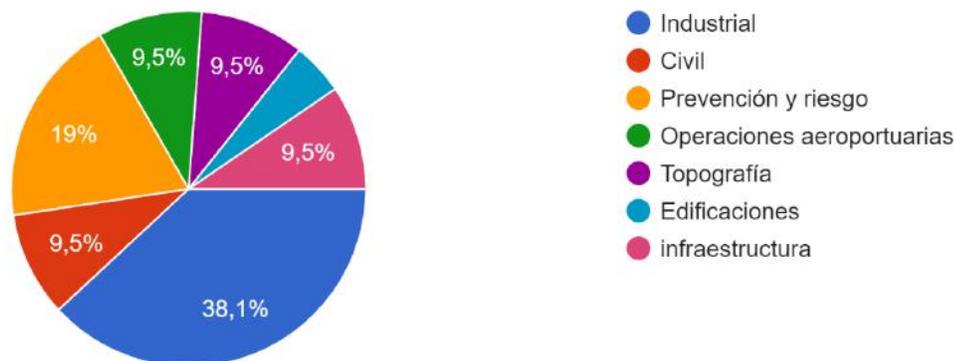
## Resultados

La distribución por sexos en los 35 estudiantes que integraron la muestra mostró que 17 resultaron mujeres para un 57,1%, mientras que 18, son hombres, lo que representa el 42,9%. La edad de los estudiantes tuvo un rango entre 21 a 24 años (Media= 22, 2).

El 38,1% de la muestra estudiaban la carrera de ingeniería industrial, seguido de la carrera de ingeniería en prevención y riesgo con un porcentaje de 19% (ver grafica 1).

### Gráfico 1

**Estudiantes participantes del estudio, según carrera que estudian actualmente en la facultad de ingeniería: febrero marzo 2022.**



**Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.**

---

Cuadro N°1

Distribución de la población objeto de estudio según colegio de procedencia Facultad de Ingeniería, Universidad de Panamá: febrero-marzo 2022

---

| Colegio secundario de procedencia      | Frecuencia |      |
|--|------------|------|
|  | N°         | %    |
| TOTAL                                  | 35         | 100  |
| Colegio Parroquial San Judas Tadeo     | 5          | 14.3 |
| Escuela Secundaria Pedro Pablo Sánchez | 3          | 14.3 |
| Guillermo Endara Galimany              | 3          | 14.3 |
| Instituto José dolores Moscote         | 2          | 9.5  |
| La Salle                               | 1          | 4.8  |
| Instituto Comercial Panamá             | 3          | 4.8  |
| Colegio Francisco Beckman              | 1          | 4.8  |
| Colegio Elena Chávez de Pinate         | 3          | 4.8  |
| Colegio Anglo Mexicano Bilingüe        | 1          | 4.8  |
| Instituto David                        | 1          | 4.8  |
| Arnulfo Arias Madrid                   | 1          | 4.8  |
| Rodolfo Chiari                         | 3          | 4.8  |
| I.P.T Jephtha B Duncan                 | 2          | 4.8  |
| Instituto América                      | 5          | 4.8  |

**Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.**

El cuadro 1 muestra los diferentes colegios de los cuales procedían la población objeto de estudio, el 42,9% procedían de la provincia de Panamá Oeste, sin embargo, existe una representación de diferentes regiones geográficas del país.

## Gráfico 2

**Estudiantes participantes del estudio, según decisión al terminar su bachillerato para ingresar a la universidad: febrero marzo 2022.**

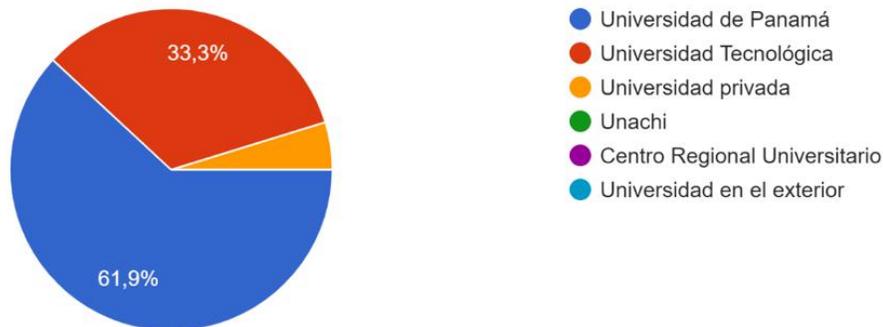


**Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.**

- La gráfica 2 muestra que un 66,7% de la población objeto de estudio ingreso a la universidad apenas culmino el bachillerato. Un 9,5% inicio un trabajo y a la vez la universidad, un porcentaje similar se tomó un año para trabajar o hacer otras actividades antes de ingresar a la universidad.

### Gráfico 3

#### Primera opción de universidad de la población de estudio, Universidad de Panamá Facultad de Ingeniería, febrero marzo 2022.



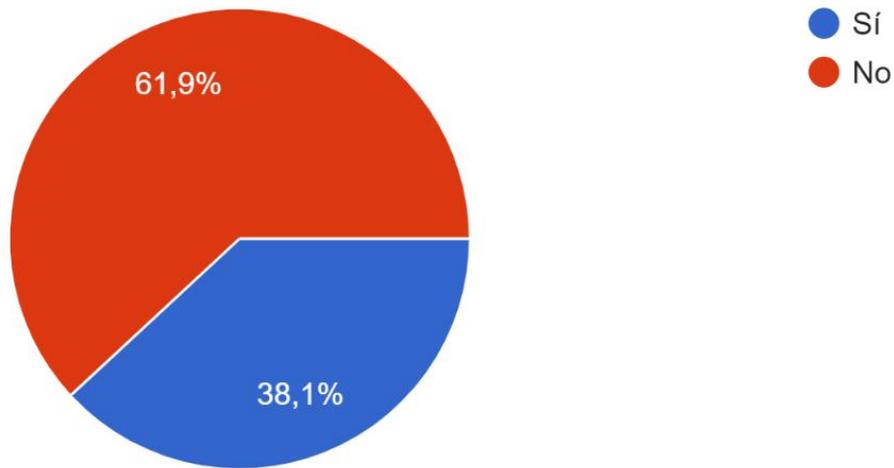
Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.

- La muestra refleja que el 61,9% tomo como primera opción la Universidad de Panamá sin embargo un 33,3% hace referencia que su primera opción fue la Universidad Tecnológica de Panamá. El 4,8% universidad privada (ver grafica 3).

En otros resultados del estudio refleja que un 71,4% de los encuestados actualmente estudia en su primera opción.

### Gráfico 4

#### Orientación recibida de la población estudio en sus colegios de procedencia, Universidad de Panamá Facultad de Ingeniería, febrero marzo 2022.

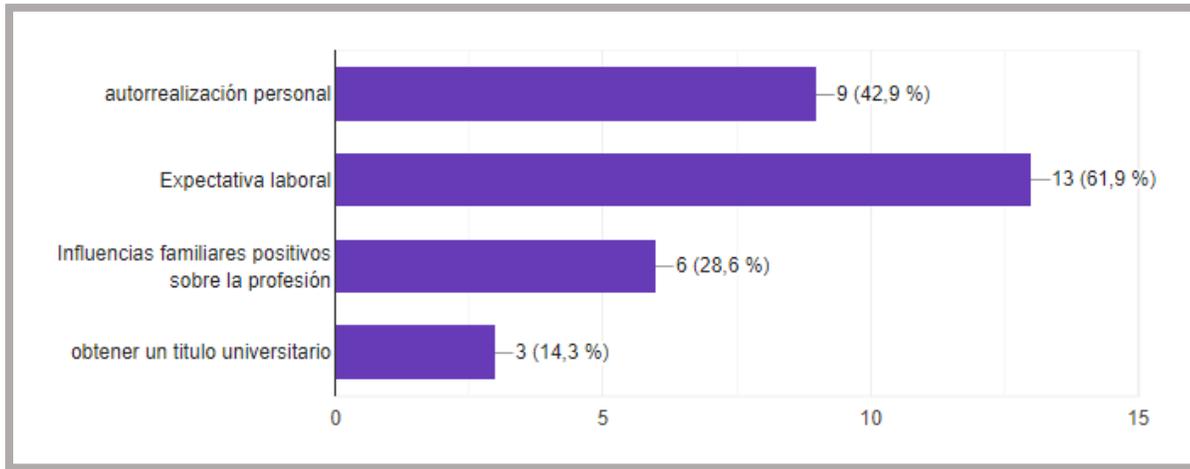


**Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.**

- El 61,9% contestó que no recibió orientación vocacional en su colegio de procedencia. Este estudio refleja un marcado déficit en la orientación que reciben los estudiantes en sus colegios de procedencia lo que hace que el proceso de toma de decisiones sea más difícil para elegir una carrera académica.

### Gráfico 5

#### Razones que motivaron a la población estudio a elegir una determinada carrera, universidad de Panamá Facultad de ingeniería: febrero-marzo 2022.

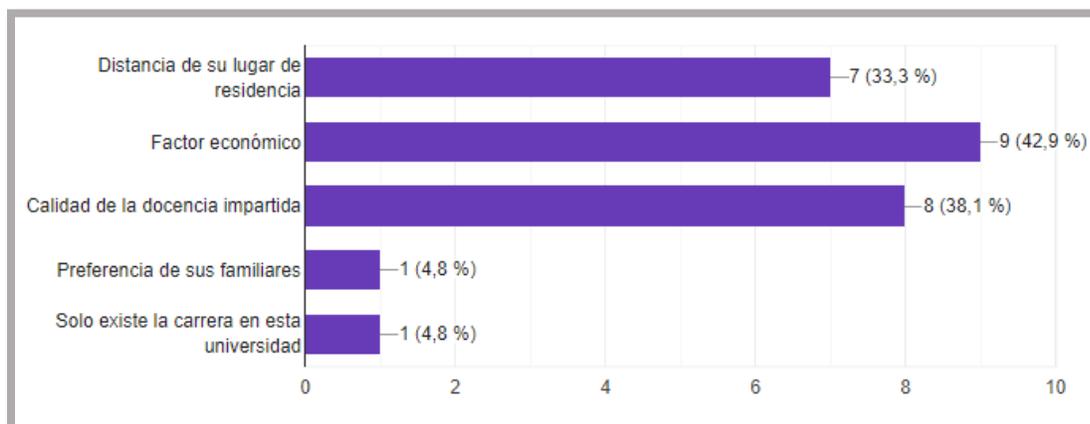


Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.

Los estudiantes encuestados manifestaron que su mayor motivación fue la expectativa laboral (61,9%) seguido de la autorrealización personal (42,9%), es notable que la influencia de familiares también marco un 28,6% y a pesar de que es un porcentaje mínimo (14,3%) refirió que solo le interesaba obtener un título universitario.

### Gráfico 6

#### criterios que tomaron en cuenta la población estudio para elegir universidad, Universidad de Panamá Facultad de ingeniería: febrero-marzo 2022.

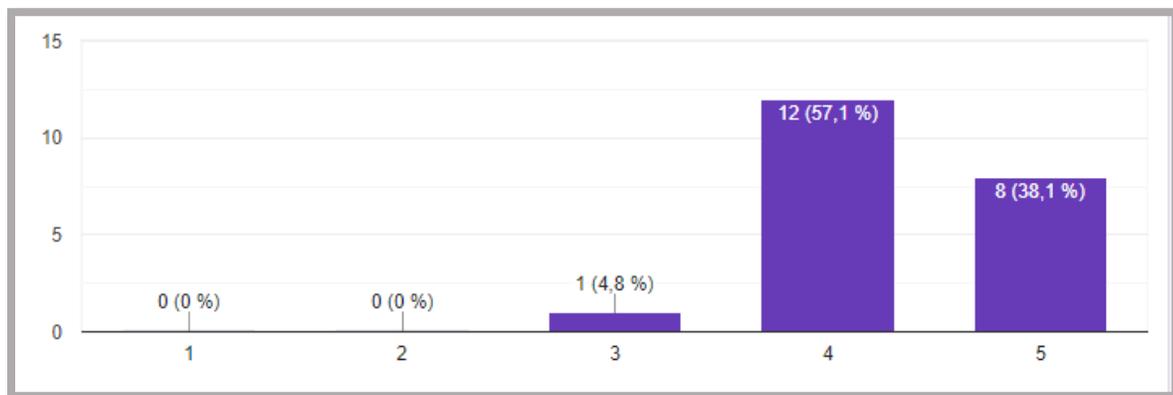


Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.

- Los datos recogidos indican que el 42,9% eligieron su universidad por el factor económico, es importante señalar que un 38,1% considero la calidad de la docencia impartida y el 33,3% tomo en cuenta la distancia de su lugar de residencia.

### Gráfico 6

Como valora la población estudio su toma de decisión académica en estos últimos años, universidad de Panamá Facultad de ingeniería: febrero marzo 2022.



Fuente encuesta realizada a los estudiantes de la facultad de ingeniería universidad de Panamá: febrero-marzo 2022.

- Se determinó que el 57,1% de los sujetos de estudio refirieron que su proceso de toma de decisiones a elegir una carrera fue bueno y un 38,1% lo consideraron excelente.

### Discusión

En términos generales, este estudio permitió identificar factores que inciden en el proceso de toma de decisiones de los preuniversitarios para seleccionar una carrera académica. Destaco el hecho que un alto porcentaje de participantes refiriera que no recibió orientación en sus colegios de procedencia ( ver gráfico 4) este factor es mencionado en el artículo publicado por Ruiz Gutiérrez como uno de los factores que influyen en la toma de decisiones vocacionales de una profesión (Ruiz-Gutiérrez & Santana-Vega, 2018). A pesar que hoy día que existen múltiples formas para capacitar a los estudiantes este estudio muestra unos resultados desfavorables respecto a la capacitación recibida en sus colegios de procedencia sin embargo la toma de decisiones ha sido considerada por la población de estudio de buena a excelente, a pesar de no recibir capacitaciones en sus colegios, probablemente por tuvieron otros métodos de acceso a

la información que les permitió poder alcanzar un proceso de toma de decisiones asertivo a la hora de seleccionar una carrera universitaria.

La influencia de los familiares jugó rol importante en la toma de decisiones de los participantes, en estos tiempos por lo menos 1 de los progenitores ha logrado alcanzar 1 carrera universitaria lo que le permite brindarles a sus hijos una mejor orientación sobre el proceso de admisión a la universidad por otro lado el prestigio de la universidad de Panamá fue considerado un factor determinante a la hora de seleccionar la carrera.

Es evidente que otro factor que ha estado siempre presente en la toma de estas decisiones es el económico, a pesar de que la universidad de Panamá tiene costos mínimos de matrícula el solo hecho de sumarle los gastos de transporte, alimentación, e útiles escolares, hace que muchas familias no pueden costear los estudios universitarios es por ellos que algunos estudiantes optan por ir a trabajar e ir a la universidad (Yee, 2017).

### **Conclusiones**

A la luz de esto resultados es evidente que este estudio refleja un marcado déficit en la orientación que reciben los estudiantes en sus colegios de procedencia lo que hace que el proceso de toma de decisiones sea más difícil para elegir una carrera académica.

### **Recomendación**

Es recomendable que se implemente a nivel de los colegios programas de capacitación a los jóvenes estudiantes a lo largo de sus últimos años de estudio que le permita poder tomar de decisiones asertivas que van a influir en su futuro profesional.

### **Referencias bibliográficas**

Bethencourt Benítez, J. T., Alvarez Pérez, P. R., Cabrera Pérez, D. L., & González Afonso, M. C. (2002). La toma de decisiones académicas del estudiantado de la Universidad de La Laguna en la elección de los créditos de libre configuración. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 0(5), 123. <https://doi.org/10.18172/con.508>

NIAMA, L. M., VILLALVA, C. I., & TERÁN, M. . (2020). Toma de decisión y preferencias al optar

Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra Universidad de Panamá  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICT>

por una carrera universitaria en estudiantes de la ciudad de Riobamba -. *Espacios*, 41(35), 81-97.

Ruiz-Gutiérrez, J. M., & Santana-Vega, L. E. (2018). Elección de carrera y género. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 19, 7-20. <https://doi.org/10.17561/reid.v0i19.3470>

Vuelvas Salazar, B. (2008). El sujeto de la orientación: Elección de carrera y exclusión educativa. *Revista Mexicana de Orientación Educativa*, 6(15), 14-29.

[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-75272008000200004](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-75272008000200004)

Yee, R. (2017). *Factores que influyen en la toma de decisión de los estudiantes al elegir su carrera profesional factors that influence students decision making when choosing your professional career*. 24-34.

Santana Vega, L. E. (2015, 4ª ed.). Orientación educativa e intervención psicopedagógica. Cambian los tiempos, cambian las responsabilidades profesionales. Madrid: Pirámide

Guerra Rubio, Luisa María, & Quevedo Guerra, Tatiana. (2007). La elección profesional: momento de particular importancia para el desarrollo personal. *Psicología para América Latina*, (11) Recuperado em 17 de marzo de 2022, de [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-)

**Universidad y medio ambiente: Retos que debe asumir**  
**University and environment: Challenges you must assume**

**Elzebir Tejedor De León<sup>1</sup>; Damaris Tejedor De León<sup>2</sup>; Ramona Araya<sup>3</sup> Boris Ortega Aranda<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, elzebir.tejedor@up.ac.pa ORCID.ORG/0000-0001-7836-9287 <sup>2</sup>Universidad de Panamá, damaris.tejedor@up.ac.pa, ORCID.ORG/0000-0002-4350-196X. <sup>3</sup>Universidad de Panamá, ramona.araya@up.ac.pa, ORCID.ORG/0000-0003-3575-9669. <sup>4</sup>Universidad de Panamá, boris.ortega@up.ac.pa, ORCID.ORG/0000-00028248-7232

Recibido:1/3/2021 Aceptado: 15/08/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

**RESUMEN**

Este artículo analiza y reflexiona sobre la universidad, su misión formadora y su consecuente producción de conocimiento. Estas funciones obligan a la universidad (y a los que forman parte de ella), a que acreciente y redirija sus actividades sustantivas (docencia, extensión e investigación) hacia la búsqueda de un conocimiento innovador para entender y dar respuestas a las dificultades relacionadas, entre otros aspectos, con la problemática medioambiental de la sociedad donde está inmersa. En la búsqueda de dar respuestas a esta situación, la universidad, debe asumir nuevos roles que a la vez se plantean una serie de retos: la necesidad de evaluar el impacto ambiental que el desarrollo de sus funciones acarrea, la implantación de la educación ambiental en el currículo universitario y la institucionalización del compromiso ambiental de las universidades. Esta situación le demanda a éste la adopción de estrategias que le permitan ser pertinente académicamente e investigando, sin dejar los principios que fundamentan la docencia universitaria. En consecuencia, con lo planteado, se mencionan algunos retos a los que se enfrenta la universidad, que es una institución educativa, que por sus particularidades únicas de institución formadora y generadora de

conocimiento, la convierten en una organización social-educativa invaluable para impulsar proyectos y actividades que inciten a un cambio progresivo de quienes la conforman y poder actuar de forma responsable ante el medio ambiente

**Palabras clave:** Medio ambiente, universidad, educación ambiental, evaluación, impacto ambiental, institucionalización, compromiso ambiental.

---

## **ABSTRAC**

This article analyzes and reflects on the university, its formative mission and its consequent production of knowledge. These functions oblige the university (and those who are part of it), to increase and redirect its substantive activities (teaching, extension and research) towards the search for innovative knowledge to understand and respond to the related difficulties, among other aspects, con the environmental problems of the society where it is immersed. In the search to provide answers to this situation, the university must assume new roles that pose a series of challenges to: the need to evaluate the environmental impact that the development of its functions entails, the implementation of environmental education in the university curriculum and the institutionalization of the environmental commitment of universities. This situation dictates to him the adoption of strategies that allow him to be relevant academically and researching, without leaving the principles that underpin university teaching. Consequently, with what has been proposed, some challenges are mentioned to which the university is faced, which is an educational institution, which due to its unique particularities of a training and knowledge-generating institution, make it an invaluable social-educational organization to promote projects and activities that incite a progressive change of those who make it up and power. act responsibly towards the environment

**Key words:** Environment, university, environmental education, assessment, environmental impact, institutionalization, environmental commitment.

## INTRODUCCIÓN

En palabras de Giner de los Ríos, escritas en 1902 (cómo se citó en Simancas y García, 2017), la universidad, en su declaración de principios, es ante todo un concepto histórico, una institución, que, por su esencia, se debe adaptar a los cambios, porque con el transcurrir del tiempo, ha variado su naturaleza y funciones. Esto ha sido así, no sólo para internalizar los valores de la sociedad a la que sirve, sino también, garantizar su propia supervivencia.

Al ser concebida así la universidad, debe ser una institución que entrara decididamente en el interior de los procesos históricos de transformación, y que debe aportar elementos para entender la realidad, para transformarla, de una forma que se puede llamar “universitaria” (Sols, 2016).

Márquez et al., (2017), está de acuerdo con estos señalamientos, afirmando que, en la actualidad, la universidad, se encuentra en una disyuntiva, por un lado, se enfrenta a una realidad que transforma los modos de organización social, política y educativa. Por otro lado, esta institución es heredera de un capital fundamental, cultural e inédito de la historia de la humanidad y también, la diversidad y multidisciplinariedad de conocimientos especializados, que allí se generan y que, al estar disponibles, habilitan al desarrollo de estrategias que pueden promover nuevas reflexiones, una mayor equidad social y ambientes más democráticos (Espinosa y Diazgranado, 2016).

Por otra parte, resulta evidente que la sociedad (a la que la institución universitaria se debe), afronta serios problemas ambientales y socioeconómicos, que solo han sido parcialmente contrarrestados por el desarrollo vertiginoso del conocimiento, la informática y la tecnología (Rizo-Mustelier et al., 2017). Sin embargo, sigue siendo una meta alcanzar el desarrollo sostenible (Villamandos et al., 2019), y a partir de esto, no sólo analizar el papel de la universidad en ese proceso, sino también reconocer la necesidad que existe de presentar diferentes alternativas para que esta conservación y producción de conocimiento, puedan aportar a la sostenibilidad e impacte lo menos posible al medioambiente (Franco et al., 2017).

Estos planteamientos hacen suponer, que la universidad, debe convertirse en sinónimo de buenas prácticas ecológicas y que su quehacer, debe estar dirigido contribuir a la preservación del medioambiente, reconociendo su papel primordial como principal fuente de verdad científica y centro del saber (Rizo-Mustelier et al., 2019), abordando su labor desde una mirada sustentable. Para esto, se hace necesario, además, darle un particular énfasis del desarrollo sostenible y ecológicamente sustentable, aspectos que ocupan el centro de las preocupaciones en el mundo actual (Franco et al., 2017).

Esta preocupación se debe en gran medida a que el deterioro ambiental ha llegado a límites insospechados, (Garcés et al., 2018, Albareda-Tiana et al., 2017), de ahí que se haga necesario pensar en la búsqueda de soluciones, para que desde el quehacer universitario (docencia, investigación y extensión), se pueda contribuir a disminuir los impactos provocados por el hombre en su relación naturaleza-sociedad y a minimizar el impacto de ese quehacer en el medio ambiente (Espinosa y Diazgranado, 2016).

La protección del medio ambiente y la orientación hacia un desarrollo económico y social sustentable es una de las responsabilidades más importantes de los sistemas

educativos. Además, que en las universidades están los futuros profesionales que se multiplican en las entidades e instituciones (ámbito de trabajo) y en la comunidad en general, por lo que constituyen actores protagónicos en esta gran tarea (Garcés et al., 2018; Franco et al., 2017; Albareda-Tiana et al., 2017), de perfilar identidades y vínculos con lo ambiental (Cuadra et al., 2017).

Estos autores vienen sustentando la necesidad de que la universidad plantee nuevos y diferentes requerimientos culturales para el aprender, conocer y construir protagonismo frente a los dilemas ambientales. Al respecto, la multiplicidad de situaciones y conflictos ambientales emergentes, globales y locales, reclaman de nuevas conceptualizaciones, creatividad metodológica y solidaridad cognitiva para la indagación para establecer métodos e indicadores de evaluación que permitan identificar de forma objetiva avances o retrocesos en la búsqueda de la sostenibilidad ambiental (Muñoz-Pedrerros, 2014).

En la búsqueda de esa sostenibilidad, las empresas, entre ellas, las educativas, se han propuesto crear un sistema de gestión ambiental, concepto, que, desde el ámbito internacional, se define como:

[...] aquellos elementos (procesos, procedimientos y métodos) mediante los cuales una empresa planea, ejecuta y controla las actividades que están encaminados a dar respuesta a unos objetivos planteados desde el contexto de la conservación y un manejo adecuado del medio ambiente en que se refleje el desarrollo sostenible (Toro et al., 2013, p. 53).

Resulta evidente, entonces, que la universidad, debe encaminar sus esfuerzos hacia la identificación del impacto ambiental que caracteriza la ejecución de la actividad y los servicios que en ella ocurren (Reyes-Chapman y Ochoa-Ávila, 2019). Incluyendo, no sólo, la identificación de estos aspectos e impactos ambientales, sino también la valoración, de los mismos, las medidas ambientales destinadas a la prevención, corrección, restauración y compensación de aquellos calificados como negativos, el marco jurídico que los regula, los objetivos y metas para la atención de las medidas (Mora-Barrantes et al., 2016, Hernández y Pascual, 2018).

Es por lo antes señalado que el propósito de este artículo es analizar las perspectivas que presentan ciertos sobre la importancia de la evaluación y los retos y tendencias en este sentido, así cómo que sostienen los autores sobre índices y normas que establecen indicadores

## **II. DESARROLLO**

Con la creación del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA) en 1975, se marca el punto de partida del interés de la educación superior por las cuestiones ambientales. Esta organización implementó una serie de seminarios e incentivó las publicaciones con la temática ambiental. Otras iniciativas, con relación a cómo ligar el binomio universidad-medio ambiente, fueron el Seminario sobre Ciencia, Investigación y Medio Ambiente, convocado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1982 (Bogotá), y el Panorama de los Estudios Superiores Medioambientales en América Latina (1977) (González et al., 2015). Posteriormente, el Seminario sobre Universidad y Medio Ambiente dio continuidad a estas iniciativas, enfatizando el importante papel que desempeñan las universidades en los procesos de desarrollo de

la región y, por lo mismo, el imperativo de vincular a la educación superior con la problemática ambiental (Vilches y Gil, 2012).

En la búsqueda de la sostenibilidad ambiental y de la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades, conductas y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre los seres humanos, su cultura y su medio circundante (Muñoz-Pedrerros, 2014), la universidad, se enfrenta a una serie de retos entre los cuáles se puede señalar:

- Marcar una ruta hacia una gestión ambiental de calidad.

En términos generales, la gestión ambiental de la organización debe incluir:

la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección medioambiental que suscribe la organización (Rey, cómo se citó en Vera y Cañón, 2018, p. 87).

Holguín (2017), manifiesta, que, en el contexto de la educación superior para hacer efectiva la formación y la gestión ambiental universitaria, se debe considerar aspectos como:

- a) la interdisciplinariedad y la transversalidad, para una formación y gestión ambiental con sentido; b) la participación desde la perspectiva de la concertación de todo universitario; c) la interculturalidad como un proceso de inclusión; d) la gestión y formación ambiental con enfoque de responsabilidad social ambiental y el desarrollo sustentable; e) el contexto universitario como un espacio de interacción, investigación y aprendizaje medio ambiental; f) la investigación, eje fundamental de la formación y gestión ambiental universitaria (p. 22).

Las particularidades únicas de la universidad como institución formadora y generadora de conocimiento, la convierten en una organización social-educativa invaluable para impulsar proyectos y actividades que inciten a un cambio progresivo de quienes la conforman, para actuar de forma responsable ante el medio ambiente, tomando en consideración que las generaciones futuras no gozarán de las distintas bondades que en la actualidad ofrece la naturaleza (Espinosa y Diaz Granado, 2016).

Aunado a esto, Ochoa y Hidalgo (2016), sostienen que las universidades latinoamericanas, aún tienen una tarea pendiente con impregnar, dentro de sus funciones sustanciales, la gestión ambiental, coadyuvando a crear conciencia mediante el involucramiento del cuerpo de docentes, personal administrativo, y al resto de la comunidad universitaria y sumarla, así, al desarrollo de buenas prácticas medio ambientales (Holguín, 2017).

Ante esta realidad, es necesaria la transformación universitaria, motivada entre otras cosas a que algunas carecen de estrategias para prevenir, reducir y eliminar el impacto ambiental negativo que se deriva de su propia actividad institucional (Manzano, 2017). Además, esto se transforma en un problema ético, por la falta de coherencia entre la producción científica y tecnológica que apunta a resolver situaciones con criterios de sostenibilidad y lo que se hace al interior de las instituciones, donde es

necesario “implementar acciones que mitiguen los impactos negativos que generan en el cumplimiento de sus procesos misionales” (Monroy et al., 2018, p. 42).

- Evaluación ambiental: una necesidad urgente.

La Organización de Naciones Unidas (ONU), propone en la Agenda de Desarrollo Sustentable para el 2030 a favor del planeta, que se identifique los objetivos y metas relacionadas con las labores que realiza la organización y cuáles de esas actividades que está generando efectos negativos ambientales (Arzate y Arzate, 2019). Entre otros: por el uso ineficiente de recursos y la generación de desechos (Juan, 2017). Por lo que es necesario aplicar modelos de evaluación internacionales y nacionales, establecer indicadores, tendencias que se han sido desarrollados en los últimos años para confirmar el rendimiento sustentable (evaluación ambiental) de la institución; enfatizando, que áreas provocan mayor contaminación, para minimizar situaciones que agraven la problemática medio ambiental (Arzate y Arzate, 2019).

Identificar el impacto ambiental en el ámbito de los espacios educativos permite la caracterización, el control, la gestión, el manejo y la evaluación, para poder manejar de una forma preventiva manejo el impacto ambiental en los centros educativos (Juan, 2017). Este se ha es una prioridad que debe tener atención inmediata, ya que con frecuencia los entornos adyacentes a estos son sujetos a la influencia de factores ambientales, demográficos, económicos y socioculturales, los cuales de manera directa e indirecta influyen en el bienestar de los actores sociales de las instituciones educativas

Como parte de un proceso que Sáenz et al., (2019), llama “ambientalizar la universidad”, se hace necesario realizar evaluaciones ambientales, que ayudan a poner de manifiesto aspectos muy relevantes en cuanto a la sostenibilidad general de los campus, la percepción de los universitarios hacia el aspecto ambiental, pero, sobre todo, este proceso ayuda a orientar las acciones que se deben desarrollar en pro del ambiente (Felipe, 2019).

Además, es necesario señalar que la evaluación ambiental, provee, a las autoridades universitarias, encargadas de la toma de decisiones, información confiable, válida, pertinente y actualizada, sobre la:

[...] identificación y valoración de los impactos potenciales de proyectos respecto a los componentes físicos, químicos y biológicos, culturales, económicos y sociales, con el fin de que mediante la planificación y la correcta toma de decisiones se desarrollen aquellas actuaciones más compatibles con el medio ambiente (Mora-Barrantes et al., 2016, p. 134).

Al respecto, Méndez, (2017), sostiene que el estudio, análisis, gestión y prevención de impactos ambientales en instituciones educativas, están directamente vinculados con la implementación de acciones teórico-prácticas y estrategias para fomentar la creación de organizaciones seguras y saludables.

- Integración de la educación ambiental al currículo universitario: eje transversal o asignatura obligatoria?

La problemática del medio ambiente y la posibilidad de buscar soluciones, han llevado, desde hace tres décadas, a nivel mundial, a la incorporación de la educación ambiental como un instrumento que guíe a los sistemas educativos en su proceso de

construcción del conocimiento y de formación de un ciudadano capaz de crear un compromiso con el medio ambiente (Ortega, 2018).

Así concebida, la importancia de la educación ambiental en nivel superior, radica en la transformación de los sujetos sociales que participan del proceso de enseñanza aprendizaje a modificar o instar nuevas actitudes pro-ambientales (Fuentealba, 2014), por lo que la formación universitaria debería contribuir a la comprensión y solución de temas ambientales complejos a escala nacional, local y regional. Para ello es necesario diseñar, gestionar e instrumentar programas de Educación Ambiental que se incluyan en el diseño curricular y que articulen contenidos académicos en la formación universitaria (Mendoza et al., 2019).

Actualmente, la educación ambiental se concibe como una forma para transitar hacia el desarrollo sustentable, mediante la prevención y control de los problemas ambientales, dirigida al mejoramiento del nivel de vida de todos los ciudadanos, promoviendo conductas pro-ambientales (Rodríguez-García, et al., 2018). Por lo tanto, debe ser acogida oficialmente dentro del sistema educativo superior, como una dimensión fundamental, que impregne su estructura, contenidos, enfoques, prácticas, legislación, normatividad, gestión y financiamiento, entre otros (Villamandos et al 2019) y no solo como un eje transversal.

Sin embargo, hasta estos momentos, se ha visualizado esta temática como un referente que llega de manera externa al desarrollo del currículo universitario (Rodríguez-García et al, 2018) y que en el mejor de los casos, hay que ubicar en algún lugar o de algún modo en este nivel educativo, sin apreciar que dentro de la universidad, debe ser uno de los planteamientos fundamentales de una estrategia amplia y profunda en búsqueda de un futuro sostenible (Ariza y Rueda, 2016), especialmente, porque es una situación que desborda los límites institucionales y se impone como una de las necesidades primordiales en la actualidad, por lo que resultaría interesante abordar la crítica situación socio-ambiental contemporánea, en este caso desde el ámbito educativo superior (Rodríguez-García et al., 2018).

- Institucionalización del compromiso ambiental de las universidades.

Sáenz et al., (2017), señala que no sólo es necesario ambientalizar la universidad, sino darle un carácter institucional a lo ambiental, cubriendo todas las acciones en pro del ambiente y que deben ser propuestos desde las funciones básicas de una universidad: formación, investigación, extensión y proyección social. Cuando se incorpora el “concepto de “institucionalizar”, se hace referencia a convertir algo en corporativo, es decir que genere compromisos desde el nivel directivo, permeando todos los espacios y, por ende, todas las funciones sustantivas de una institución de educación superior” (p. 190).

Al institucionalizar lo ambiental, Méndez (2017), señala que resultaría expedita la transmisión de información y la concientización sobre la existencia de formas alternativas que instituyan otro tipo de acciones hacia lo ambiental, modificando lo que hasta ahora se ha tenido en la relación universitario/ambiente. Porque este proceso, convierte en un eje central lo ambiental, en sus formas organizativas, en la toma de decisiones, en la creación de vínculos entre los miembros, en el reclutamiento, en la coordinación de acciones conjuntas que forja una red internacional y/o nacional con organizaciones ambientalistas, y en las estrategias de

difusión de información, de acciones localizadas y planteando objetivos ambientalistas institucionales (Sáenz et al., 2017; Holguín, 2017).

Holguín (2017), sostiene que para institucionalizar el aspecto ambiental y que éste permee en todas las funciones sustantivas de la universidad, es necesario establecer criterios que se consideran primordiales para integrar en cada uno de los componentes, programas, subprogramas, líneas y proyectos con los fundamentos básicos de la dimensión ambiental en la educación superior. Ya que por tradición el tema ambiental, ha sido planteado por sectores específicos que han ideado, elaborado y planteado diversas propuestas e iniciativas para involucrar el sector educativo, dando como resultado que la institucionalización ha sido concebida como insertar la educación ambiental en el currículo de ciertas carreras universitarias (Gallardo et al, 2017), lo que se ha convertido en tema preocupante en un contexto educativo formador, por lo que hay que traspasar el aspecto ambiental “a las aulas bajo una perspectiva de formación profesional”. (Arnouil, 2018, p. 5).

### **III. CONCLUSIONES**

En la búsqueda de dar respuestas concretas a su entorno, la universidad del siglo XXI, se debe reformular a través de un replanteamiento de sus estructuras y de sus políticas sustantivas, en función de los que la sociedad demanda. Para ello es necesario conocer la cultura, el impacto y las estrategias necesarias para abordar la problemática medioambiental, con la finalidad de reflexionar y poder tomar acciones para transformarla, así impulsar la gestión universitaria responsable con el planeta y con las futuras generaciones.

En la actualidad la gestión ambiental de la universidad se encuentra en una encrucijada, por lo que es necesario asumir retos y oportunidades en cuanto a aspectos relevantes como: la evaluación del impacto ambiental, la asunción de la educación ambiental como una asignatura obligatoria dentro del currículo universitario, y no sólo como eje transversal y la institucionalización del compromiso ambiental.

Esto debe ser así, ya que la universidad es una institución educativa, que, por sus particularidades únicas de institución formadora y generadora de conocimiento, la convierten en una organización social-educativa invaluable para impulsar proyectos y actividades que inciten a un cambio progresivo de quienes la conforman, para poder actuar de forma responsable ante el medio ambiente.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

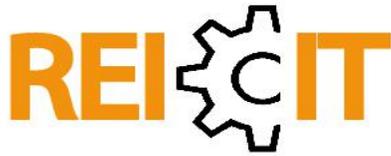
- Arnouil Seguel, M. (2018). Hacia un currículo ambientalmente sustentable para las carreras de Derecho. *Revista Pedagogía Universitaria y Didáctica del Derecho*, 5(1), 5-18.
- Albareda-Tiana, S., Fernández Morilla, M., Mallarach Carrera, J. Ma y Vidal Raméntol, S. (2017). Barreras para la sostenibilidad integral en la Universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 253-272. Recuperado de: <https://rieoei.org/RIE/article/view/301>
- Ariza, C. P. y Rueda Toncel. L. Á. (2016). La educación ambiental. Una mirada desde el contexto universitario. *Boletín Virtual*, 5(3), 116-124. Recuperado de: <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/53/51>

- Arzate Pérez, M. y Arzate, G. (2019). Evaluación ambiental en instituciones de educación superior en México. Caso de estudio: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa. *Revista Zaloamati*, 199-214.
- Cuadra Martínez, D., Véliz Vergara, D., Sandoval Díaz, J. y Castro, P. J. (2017). Aportes a la economía ecológica: una revisión de estudios latinoamericanos sobre subjetividades medioambientales. *Psicoperspectivas*, 16(2), 156-168.
- Espinosa Ramírez, J. A. y Diazgranado Bricuyet, L. M. (2016). La formación ambiental de los estudiantes. Recomendaciones para su consideración en la universidad. *Universidad y Sociedad*, 8(3), 13 -22. Recuperado de: <http://rus.ucf.edu.cu/pdf>
- Felipe Lucía, M<sup>a</sup> (2019). Una evaluación ambiental previa de la Universidad de León. Ecoauditoría ULE. *Revista Ambiociencias*, 33-48. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/4882-16780-1-PB.pdf>
- Fuentealba Cruz, M. (2014). Actitudes de estudiantes universitarios de la Universidad Católica del Maule frente a temáticas ambientales. *Revista Paidela*, (55), 119-135. Recuperado de: <http://revistasacademicas.udec.cl/index.php/paideia/article/view/1637/2179>
- Franco Gómez, Ma del C., Medina Peña, R. y López Fernández, R. (2017). Visión holística de la educación ambiental y el desarrollo sostenible. Buenas prácticas en la universidad Metropolitana del Ecuador. *Revista Conrado*, 13(1-Ext), 138-141. Recuperado de: <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Garcés Garcés, N., Orellana Lara, C. y Pesantes Torres, M. (2018). Eco formación del docente universitario y su modelo ecológico de la Universidad de Guayaquil. *INNOVA*, 3(12), 167-176.
- Gallardo Milanés, O. A., de Olivera Pátaro, C. S. y Mezzomo, F. A. (2017). Percepciones ambientales de los jóvenes universitarios: estudio comparado entre UNESPAR, Brasul y la Universidad de Holguín, Cuba. *Revista Electrónica Mestr. Educación Ambiental*, 34(2), 296-317. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/7008-20538-1-PB.pdf>
- González Gaudiano, E. J., Meira-Carteá, P. Á. y Martínez-Fernández, C. N. (2015). Sustentabilidad y Universidad: retos, ritos y posibles rutas. *Revista RESEU*, 14(175), 69-93. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/resu/v44n175/v44n175a4.pdf>
- Hernández, H. A. y Pascual Barrera, A. E. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 157 - 164. Recuperado de: <https://doi.org/10.22490/21456453.2186>
- Holguín Aguirre, Ma. T. (2017). Inclusión de la dimensión ambiental desde la perspectiva sistémica en la educación superior “Estudio de Caso de la Universidad Libre –Sede Principal– como Referente para un Modelo Institucional” Editorial Kimpres S.A.S. Bogotá, Colombia.
- Juan Pérez, J. I. (2017). Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria. Universidad Autónoma del Estado de México,

- Cerro de Coatepec, Toluca, México. *Acta Universitaria*, 27(3), 36-56. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v27n3/2007-9621-au-27-03-36.pdf>
- Manzano Jiménez, C. L. (2017). *Evaluación del impacto de sistemas de gestión ambiental en instituciones de educación superior certificadas con ISO 14001*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, España.
- Márquez Delgado, D. L., Casas Vilardell, M. y Jaula Botet, J.A. (2017). La formación ambiental en la universidad cubana. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 207-213. Recuperado de: <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Méndez, A. (2016). La emergencia de nuevos imaginarios socio-ambientales. Críticas y alternativas al especismo institucionalizado. *Apuntes CECYP*, (27), 158-185. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/Dialnet-LaEmergenciaDeNuevosImaginariosSocioambientalesCri-5524200.pdf>
- Mendoza Vargas, E. M., Boza Valle, J. A. y Escobar Terán, H. (2019). Educación ambiental y la práctica de valores de los estudiantes universitarios. *Revista Cognosis*, 4(2), 25-40. Recuperado de: <https://186.46.160.238/index.php/Cognosis/article/view/1837/2033>
- Mercado, B. y Teresa, M. (2018). Procesos de cambio ambiental institucional en la educación superior en México, nuevas respuestas ante la crisis socioambiental. *Ambiens*, 1(2), 86-100. Recuperado de: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ambiens/article/view/1026>
- Monroy Abril, P. C., Castrillón Cardona, W. F. y Daza Ardila, D. del S. (). Revisión de modelos de gestión ambiental en instituciones de educación superior. *Revista CIDC*, (24), 41-51. Recuperado de: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/10138/11429>
- Mora-Barrantes, J., Molina-León, O. y Sibaja-Brenes, J. (2016). Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de edificaciones universitarias. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 132-145. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00132.pdf>
- Muñoz-Pedrero, A. (2014). La educación ambiental en Chile, una tarea aún pendiente. *Ambiente y Sociedad*, 17(3), 1-20. Recuperado de: <https://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n3/v17n3a11.pdf>
- Ochoa Henríquez, O. J. y Rayen Hidalgo López, C. (2016). Caracterización de la cultura ambiental en la gestión de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. *Compendium*, 19(37), 27-53.
- Ortega Mier, C. (2018). *Diseño e instrumentación de un programa de educación ambiental en el nivel superior. El caso de la Universidad Autónoma de Tlaxcala*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México, México.
- Sáenz Zapata, Orlando; Plata Rangel, Ángela María; Holguín Aguirre, María Teresa; Mora Penagos, William Manuel; Blanco Portela, Norka Institucionalización del compromiso ambiental de las universidades colombianas Civilizar.

Ciencias Sociales y Humanas, vol. 17, núm. 33, julio-diciembre, 2017, pp. 189- 207.

- Simancas González, E. y García López, M. (2017). Historia de un secuestro: de la iglesia a la Mara. Evolución histórica de la universidad en España. *Revista Chasqui*, (133), 173-190. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/Dialnet-HistoriaDeUnSecuestro-5792174.pdf>
- Sols Lucia, J. (2016). El pensamiento de Ignacio Ellacuría acerca de la función social de la universidad. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 192, 1-11. Recuperado de: <Downloads/2168-4658-1-PB.pdf>
- Reyes-Chapman, B. y Ochoa-Ávila, M. B. (2019). Procedimiento sobre gestión ambiental para el Centro de Información y Gestión Tecnológica. *Revista Ciencias Holguín*, 25(2),83-97. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/1127-3056-2-PB.pdf>
- Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D. R. y Lorenzo-García, A. Ma. (2019). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, (2), 106-120. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351615008.pdf>
- Rodríguez-García, L. del R., Pérez-Hernández, I. y Espinosa Castillo, E. (2018). Implementación de la estrategia curricular de medio ambiente en la asignatura de Análisis Químico. *Revista Educación y Sociedad*, 16(1), 69-83.
- Toro Calderón, J., Martínez Prada, R., & Arrieta Loyo, G. (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental*, 4(2), 43-53. Recuperado de: <https://doi.org/10.22490/21456453.990>
- Vera Solano, J. A. y Cañón Barriga, J. E. (2018). El valor agregado de un sistema de gestión ambiental más allá de la certificación. *Revista Bistua*, 16(1), 86-91. Recuperado de: <file:///D:/Downloads/3194-12387-2-PB.pdf>
- Villamandos de la Torre, F., Gomera Martínez, A. y Antúnez López, M. (2019). Conciencia ambiental y sostenibilización curricular, dos herramientas en el camino hacia la sostenibilidad de la Universidad de Córdoba. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 1-19. Recuperado de: <https://revistas.uca.es/index.php/REaYS/article/view/4942/5370>
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2012). La educación para la sostenibilidad en la universidad: el reto de la formación del profesorado. *Revista Profesorado*, 16(2), 25-43. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/567/56724395003.pdf>



**Revista Especializada de Ingeniería y  
Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805 -1874**

**Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022**

**Estudio sobre prótesis de mano controlada con señales EEG para  
discapacitados**

**Study on EEG signal-controlled hand prosthesis for the disabled**

José Francisco Castro Vargas  
Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación  
jose.castro-v@up.ac.pa  
<https://orcid.org/0000-0002-2732-5767>

Jorge Luis Martínez Ramírez  
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería  
Jorgel.martinez@up.ac.pa  
ORCID.ORG/0000-0002-1036-6167

Recibido:8/7/2021 Aceptado: 208/10/2021 Publicado: 7/2022  
Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

**RESUMEN**

El documento resume en términos generales la propuesta de trabajo en torno a la construcción de una prótesis de mano controlada a través de señales EEG, justificando los elementos fundamentales de la escogencia del tema, planteando los objetivos, los avances conseguidos y la metodología llevada a cabo para alcanzar los mismos. Dentro de los materiales y métodos se establecen algunos parámetros teóricos de lo que es conocido como una unidad Mindflex creada por la empresa Mattel® y como un microcontrolador puede ser expuesto a procesos de ingeniería inversa para conocerlo detalladamente y ampliar la gama de posibles

aplicaciones. El construir una prótesis sobre la plataforma desarrollada para los juegos de mesa y basada en el análisis de señales, ofrece una gran oportunidad para reducir los costes hasta un 80% y ofrecer las prestaciones adecuadas para una respuesta eficaz y oportuna y una fácil ejecución de las tareas. La unión de la Física y el estudio del cerebro abre paso a nuevas investigaciones acerca de la función total de este último, haciendo óptimo la creación de nuevas comodidades para el ser humano y su adaptación a estas.

**Palabras clave:** Electroencefalografía, Mindflex, interfaz, microcontrolador, actuadores, Arduino.

#### **ABSTRACT**

The document summarizes in general terms the proposed work on the construction of a hand prosthesis controlled through EEG signals, justifying the fundamental elements of the choice of the subject, setting out the objectives, the progress achieved and the methodology carried out to achieve them. Within the materials and methods, some theoretical parameters of what is known as a Mindflex unit created by the Mattel® company are established and how a micro controller can be exposed to reverse engineering processes in order to know it in detail and expand the range of possible applications. Building a prosthesis on the platform developed for board games and based on signal analysis offers a great opportunity to reduce costs by up to 80% and provide adequate performance for efficient and timely response and easy task execution. The union of Physics and the study of the brain opens the way to new research on the total function of the brain, making optimal the creation of new comforts for the human being and its adaptation to these.

**Keywords:** Electroencephalography, Mindflex, interface, microcontroller, actuators, Arduino.

## INTRODUCCIÓN

Para Wolpaw (2002), citado por Ángel Villegas, Edgar Lugo, José R. Pacheco y Hyxia Villegas (2008), una interfaz cerebro computador (ICC) es un dispositivo que se encarga de analizar señales provenientes de la actividad consciente de un individuo para traducirlas en acciones (p. 767–791).

Como seres vivos, los humanos deben ser capaces de responder a los estímulos del entorno para sobrevivir. En la vida cotidiana, esta reacción se consigue principalmente de dos maneras: una es alterando directamente el entorno mediante mecanismos musculares y la otra es expresando los pensamientos (comunicación) mediante la expresión de sentimientos, deseos e ideas. Sin embargo, en algunos casos, las funciones motoras se ven afectadas por enfermedades como lesiones medulares, derrames cerebrales, esclerosis lateral amiotrófica, esclerosis múltiple, distrofia muscular, tumores y accidentes. Por lo tanto, sufren daños parciales o totales en los subsistemas del cuerpo, lo que lleva a una pérdida de la capacidad de respuesta natural (parcial o total) al medio ambiente. Este tipo de trastornos ha llevado al desarrollo de la tecnología de interfaz cerebro computador.

El origen de las tecnologías BCI nació con el descubrimiento de la naturaleza eléctrica del cerebro. *El científico Richard Caton en 1875 usó un galvanómetro para observar impulsos eléctricos en la superficie del cerebro vivo de algunos animales.* Años más tarde, Hans Berger dio continuidad al trabajo de Caton y consiguió registrar la actividad cerebral mediante la electroencefalografía siendo en 1924 el primero en registrar un EEG de un cerebro humano. Mediante análisis de EEG, Berger consiguió clasificar las diferentes ondas cerebrales, por ello las ondas Alfa (8-12 Hz) también se denominan ondas Berger. (Haas, L. F., 2003, p. 647-649)

Hubo que esperar hasta 1970 para que se iniciara la investigación de los primeros dispositivos BCI. *Esa inicial de utilizar un sistema computacional para extraer información del cerebro*

*de un individuo fue propuesta por Jacques J. Vidal, en el marco del proyecto “The Brain-Computer Interface” (Vidal, J., 1973, p.163). En ese momento, Vidal le dio nombre a una área de investigación que casi 40 años después presenta una actividad impresionante, en la que están involucrados decenas de grupos de investigación y laboratorios de todo el mundo.*

Durante los próximos años, el mercado experimentará un crecimiento escalonado debido a la creciente demanda de tecnologías avanzadas en el campo de la neurociencia y la tecnología de la información y la comunicación (García, B., 2018). Sin embargo, esta tecnología se encuentra aún en su infancia quedando abiertos muchos campos para la investigación y desarrollo.

El presente artículo se refiere al estudio de una interfaz de control cerebral basada en señales de EEG (electroencefalografía), comúnmente llamada BCI (Brain Computer Interface), la cual pretende establecer una conexión directa entre el cerebro y una máquina sin utilizar acciones motoras directas, ayudando así a personas con poca o nula movilidad; todo esto en base al trabajo sobre *“Prótesis de mano controlada con señales EEG”* de Andrés M. Cruz Rodríguez, Hernán Sánchez Machet (2021). El desarrollo del documento se realiza de la siguiente manera: en la sección uno, aspectos teóricos; en la sección dos, potencial de acción generada en las neuronas; en la sección tres, desarrollo experimental; y finalmente, la discusión de los resultados y las conclusiones.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se fundamenta en el estudio de interfaces cerebro-computadora (BCI por sus siglas en inglés), por medio del análisis de electroencefalogramas (EEG); las cuales establecen un nuevo camino para interactuar con tecnología mediante nuestro pensamiento, ya que estas interfaces permiten transformarlo en acciones reales en nuestro entorno. Todo esto con el objetivo de observar si son viables para el uso en individuos con movilidad nula y/o reducida.

Para determinar la relación entre todas las variables del estudio se realiza mediante una secuencia lógica que se explica a continuación:

### **1. Aspectos teóricos**

### **1.1. Interfaces de comunicación a través de EEG (BCI)**

Las interfaces basadas en los electroencefalograma (EEG) son dispositivos de comunicación capaces de establecer una relación directa entre el cerebro humano, que responde a los estímulos, y el ordenador, que lo interpreta y convierte en otro tipo de señal que sirve para generar trabajos con otros dispositivos utilizados (Borrego, C. y Trujillo, J., 1983, p. 255).

Los sistemas BCI pueden dividirse en tres grupos (Martín Barraza, J. I., 2015):

-Activo: se caracteriza por permitir el control consciente y voluntario del sistema BCI, independientemente de los acontecimientos externos.

-Reactivo: el control de la aplicación está directamente relacionado con estímulos externos que influyen indirectamente en la actividad cerebral.

-Pasivo: deriva del procesamiento de cualquier señal cerebral generada sin la intención del usuario. La información que contiene se utiliza para medir nuestro estado cognitivo y los niveles de excitación, relajación, etc.



Figura 1. Estructura General de una BCI. Tomado de Spinelli, E.M., 2000, p.10-11.

Cada interfaz basada en el EEG está estructurada como se muestra en la Figura 1.

## **2. Potencial de acción generado en las neuronas**

El cerebro está formado por millones de neuronas. Cada neurona está formada por cuerpos celulares llamados células somáticas, dendritas, axones y terminaciones nerviosas. La información llega a la neurona a través de las dendritas. Las dendritas reciben información

de una media de 10.000 neuronas. En comparación con la membrana celular, la parte externa de la neurona tiene una mayor concentración de iones  $\text{Na}^+$  y la parte interna tiene una mayor concentración de iones  $\text{K}^+$ . A esta concentración, el potencial de la membrana es de  $-70\text{mV}$ , con la parte interior cargada negativamente y la parte exterior cargada positivamente (Bear M. F. y et al., 2008; Sanei S. y Chambers J. A., 2007).

Cuando una neurona se despolariza debido a la información recibida en las dendritas, se genera un potencial de acción que viaja por el axón, como se muestra en la Figura 2.a.

### 2.1. Configuración de la corteza cerebral

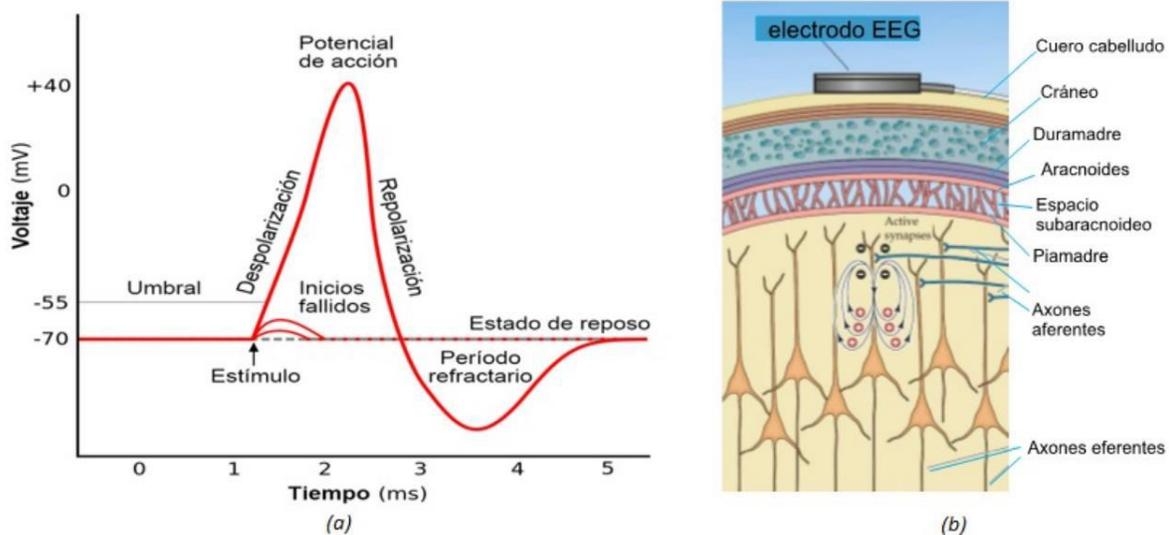


Figura 2. Señales cerebrales y su registro. (a) Potenciales de acción en las membranas de las neuronas; (b) Generación de la señal EEG. Adaptado de De La Torre Abaitua J., 2012.

El cerebro consta de dos hemisferios (izquierdo y derecho) separados por el cuerpo calloso. El córtex de cada hemisferio cerebral presenta una serie de pliegues, denominados giros o circunvoluciones, separados por fisuras o surcos (Muzumdar, A., 2004; Bear M. F. y et al., 2008). Cada división hemisférica se basa en un surco diferente de la corteza, llamado lóbulo. Para referirse a las partes de la corteza, se utiliza el mapa cerebral de Brodmann, numerado del 1 al 51 según la arquitectura celular o la disposición de las neuronas que componen la corteza (Figura. 3).



Figura 3. Áreas de Brodmann y función del lóbulo frontal. Tomado de Purbes, D., 2004; y Snell, R.

El lóbulo frontal, esencial para esta tarea, tiene tres áreas reconocidas con funciones específicas. Las áreas actuales, divididas en posterior (corteza motora primaria) y anterior (corteza motora secundaria), son responsables de los movimientos individuales de las distintas partes del cuerpo. Otra zona de este lóbulo es el área ocular frontal, donde se determinan los movimientos oculares conjugados, que controlan los movimientos oculares espontáneos que se generan independientemente de los estímulos visuales (Snell, R. S., 2010).

La llamada área del lenguaje o de Broca, como su nombre indica, participa principalmente en la producción del lenguaje, y por último está el área prefrontal. Esto se relaciona con la meditación, la atención y la concentración en un tema, que expresa la personalidad del individuo y su expresión emocional.

## 2.2. Generación de las señales EEG

La corteza cerebral está compuesta principalmente por neuronas piramidales (Sarmiento, L., 2015) y las señales EEG se generan por la sincronización local de miles de neuronas piramidales (Bear M. F. y et al., 2008). Esta sincronización está representada por la suma de sinapsis excitatorias en las dendritas de miles de neuronas piramidales. Esto crea un dipolo en cada neurona entre las cargas somáticas y dendríticas (Figura 2.b).

Así, la corriente en el cerebro consiste en el bombeo de iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Cl}^-$  a través de la membrana de la neurona (Snell, R. S., 2010). Como resultado, la señal del EEG consiste

en una serie de ondas de radio generadas por la corteza cerebral (De La Torre Abaitua J., 2012.).

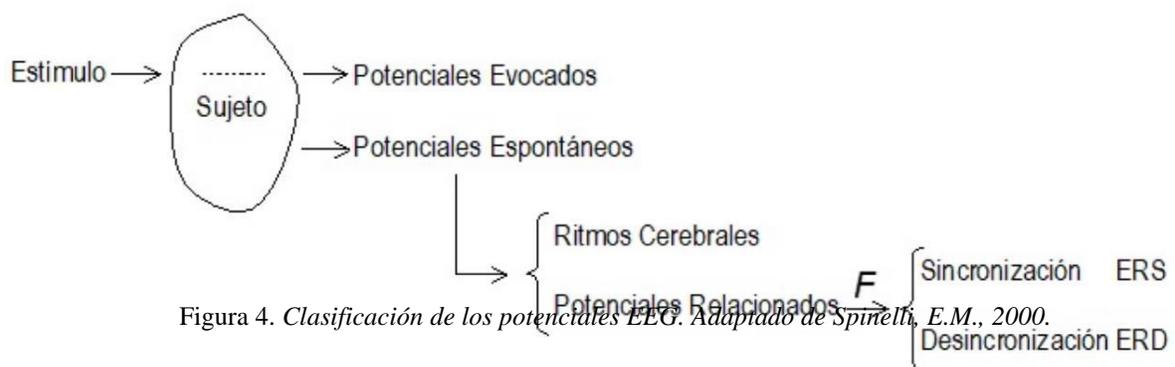
Cuando se mide con electrodos de superficie (Scalp o no invasivos), el rango de tensión es de 0-300  $\mu\text{V}$  y la frecuencia es de 0,5-100 Hz. Algunas de las ventajas de este tipo de señal son: la excelente resolución temporal (ms), el hecho de que la señal sea permanentemente detectable, la facilidad de registro y el bajo coste de los equipos para detectarla.

### 2.3. Clasificación de los potenciales de las señales EEG

Los potenciales de las señales de EEG pueden dividirse en potenciales evocados, cuando se generan en respuesta a estímulos externos, y potenciales espontáneos, cuando surgen de la "voluntad" del sujeto.

Dentro de los potenciales espontáneos, se puede distinguir entre los ritmos cerebrales, que se registran en reposo cuando las neuronas no están procesando información, y los potenciales asociados RP (Related Potentials), que se generan como resultado de eventos temporales. En general, los PR son de menor amplitud en comparación con la actividad de base (background). Por ejemplo, las señales de EEG del cuero cabelludo asociadas a los potenciales relacionados con el motor (MRP-Movement Related Potential) tienen una relación señal/ruido inferior a -10 dB (Spinelli, E.M., 2000, p.10-11; Lange, D. y Inbar, G., 1996).

En este trabajo, se adquirieron señales de la corteza prefrontal izquierda. Según la investigación [9], se concentran las señales relacionadas con la meditación, la atención y la concentración. Cuando el análisis se realiza en el dominio de la frecuencia, el término ERS



(Event Related Sincronization) se utiliza para describir el aumento de energía en una banda concreta como resultado de un evento, mientras que ERD (Event Related Desincronization) se utiliza para describir su disminución. Figura 4 (Spinelli, E.M., 2000, p.10-11; Lange, D. y Inbar, G., 1997).

El espectro de frecuencias de las señales de EEG se extiende desde unas décimas de Hz hasta unos 100 Hz; el análisis espectral de las señales de EEG define bandas específicas de importancia clínica, denotadas por las letras griegas  $\delta$ ,  $\Theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . Estas bandas no tienen límites precisos, pero cubren aproximadamente los intervalos indicados en la Tabla 1 (Spinelli, E.M., 2000):

|          |          |
|----------|----------|
| $\delta$ | < 4 Hz   |
| $\Theta$ | 4 -8 Hz  |
| $\alpha$ | 8-12 Hz  |
| $\beta$  | 12-32 Hz |
| $\gamma$ | >32Hz    |

Tabla 1. *Intervalos de frecuencias de las señales electroencefalográficas. Tomado de Cruz Rodríguez, A. M. y Sánchez Machet, 2021, p. 34-51.*

La distribución espectral de la energía de la señal EEG depende de la actividad mental durante la ejecución. En la Figura 5 se muestra un espectro típico de EEG. Corresponden a registros realizados con electrodos de superficie en la región occipital con los ojos abiertos y cerrados en un ancho de banda de 32 Hz. En ambos casos, se observa una dominancia de la banda alfa.

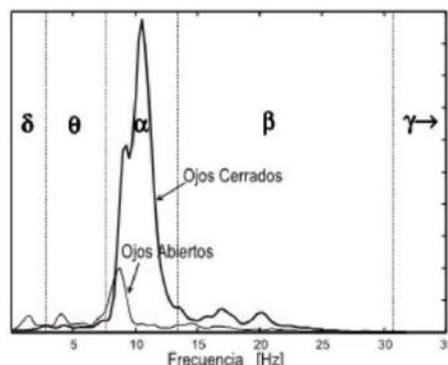


Figura 5. Espectro típico de las señales EEG. Tomado de Spinelli, E.M., 2000.

## 2.4. Análisis tiempo-frecuencia (t-f) utilizando Wavelets

Si se tiene una señal  $x(t)$ , se puede conocer su espectro energético si se descompone en una base de funciones de buena localización espectral (es decir alta resolución). Si  $x(t)$  es limitada en frecuencia ( $0, BW$ ), y se utiliza como base, exponenciales complejas del tipo  $e^{j2\pi kf}$ , (senos y cosenos), en un intervalo  $(0, T)$ ,  $x(t)$  puede

escribirse como:

$$x(t) = \sum_{K=-N}^{+N} C_k \cdot e^{-j2\pi k f_0 \cdot t}$$

Válida para  $0 < t < T$  donde  $f_0 = 1/T$  y  $N = BW/f_0$ .

Aquí los  $C_k$  son los coeficientes del desarrollo en serie de Fourier de  $x(t)$  dados por

$$C_k(t) = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T x(t) e^{-j2\pi k f_0 \cdot t} \cdot dt$$

Hallados estos coeficientes, que son escalares,  $x(t)$  puede expresarse como:

$$x(t) = C_{-N} \cdot e^{-j2\pi \cdot N f_0 \cdot t} + \dots + C_{-2} \cdot e^{-j2\pi \cdot 2 f_0 \cdot t} + C_{-1} \cdot e^{-j2\pi \cdot f_0 \cdot t} + C_0 + C_1 \cdot e^{j2\pi \cdot f_0 \cdot t} + C_2 \cdot e^{j2\pi \cdot 2 f_0 \cdot t} + \dots + C_N \cdot e^{j2\pi \cdot N f_0 \cdot t}$$

Ahora bien, ya que una función de la forma  $e^{-j2\pi \cdot f_0 \cdot t}$ , tiene la energía localizada alrededor de  $k \cdot f_0$ , la magnitud del coeficiente  $C_k$  indica el peso o contribución a la señal analizada de la componente de energía para  $f = k \cdot f_0$ . Así que conociendo los  $C_k$  es posible determinar de la distribución espectral la energía de  $x(t)$ .

Las funciones utilizadas como base de descomposición  $e^{j2\pi k f \cdot t}$ , presentan una excelente localización en frecuencia (su transformada de Fourier es un delta alrededor de  $f_0$ ) lo cual permite conocer la contribución energética de las distintas frecuencias en  $x(t)$ . Pero no se tiene información alguna de cómo evoluciona esta energía en el tiempo, pues las funciones

$e^{j2\pi k \cdot f \cdot t}$ , son armónicas y varían continuamente en el tiempo. En otras palabras la localización temporal de estas funciones es nula.

Para realizar un análisis  $t-f$  es necesario descomponer  $x(t)$  en una base compuesta por funciones localizadas en  $t$  y en  $f$ . Suponiendo una función  $\psi(t)$  tal que su energía esté localizada tanto temporal como espectralmente. Si  $\psi(t)$  tiene su energía concentrada alrededor de  $f_0$ , se puede esperar que  $\psi(a \cdot t)$  la tenga en  $a \cdot f_0$ , así, partiendo de un factor de escala  $a$ , es posible generar una familia de curvas con su energía espectralmente localizada en distintas frecuencias.

### 3. Desarrollo experimental

Para el desarrollo del trabajo experimental, el proceso se dividió en diferentes etapas, que se describen a continuación.

**3.1.** Se realizó el correspondiente análisis de la unidad MINDFLEX Duel (Figura 6) para comprender la electrónica e identificar el hardware (Figura 7) que recogería las señales de EEG. Las señales eléctricas se identificaron en un osciloscopio antes de su codificación y transmisión.



Figura 6. Unidad Mindflex, que cuenta con un micro controlador EEG producido por la empresa Neurosky, y mide la actividad eléctrica cerebral a través del Auricular que se ubica en el lóbulo frontal derecho del jugador. Tomado de Neurosky, 2021.

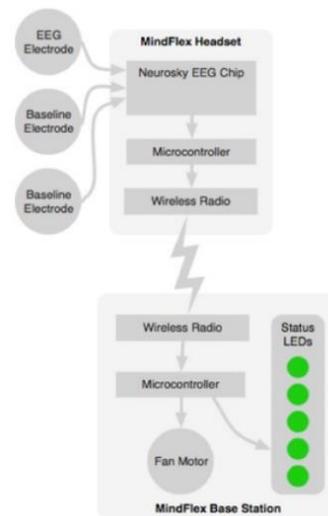


Figura 7. Hardware Unidad Mindflex®. Tomado de Neurosky, 2021.

La adquisición e interpretación primaria de estas señales del lóbulo frontal condujo al diseño de una interfaz de control cerebral (BCI) basada en Arduino. El proceso experimental que permite la adquisición y el procesamiento de datos se muestra en la Figura 8:

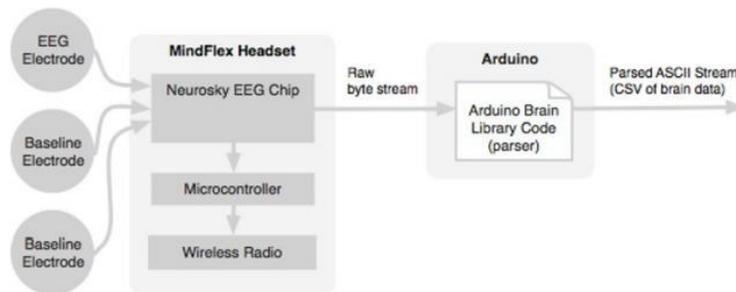


Figura 8. Configuración preliminar de hardware. Tomado de Mika, E., Vidich, A., y Yuditskaya, S., 2021.

El auricular tiene tres electrodos y, en la configuración unipolar correcta, debe colocarse de manera que un electrodo esté en la corteza prefrontal izquierda y los otros dos en zonas sin terminaciones nerviosas óseas, que actúan como un circuito de tierra. Una zona adecuada para la configuración de la tierra es el lóbulo de la oreja. En el lóbulo de la oreja no hay actividad nerviosa que pueda crear un registro de tensión en los electrodos. Los electrodos utilizados en este trabajo son de superficie (Scalp) y se colocan en el cuero cabelludo o en la piel a partir del punto de referencia o tierra formado por el canal único y las terminaciones nerviosas del oído. Internamente, el auricular también cuenta con un chip diseñado por Neurosky, un microcontrolador y un emisor de señales de radio.

Las señales de EEG captadas por los auriculares Mindflex se transmiten al chip Neurosky, donde se amplifican y procesan para generar ocho señales cuya amplitud depende de la actividad cerebral y se encuentra dentro del rango de frecuencias registrado en la Tabla 1. Estas señales se envían desde el cable al microcontrolador Arduino Uno (que emula el microcontrolador interno de los auriculares) y posteriormente al ordenador a través de USB. En el ordenador, los datos se facilitan con la ayuda del diseño del código de programación y de las distintas librerías que proporciona la plataforma Arduino. Lo obtenido se registra en

formato ASCII o CVS, lo que facilita el almacenamiento, la visualización y la elaboración de gráficos en tiempo real. Para más información sobre cómo intervenir físicamente en los auriculares, véase Mika, E., Vidich, A., y Yuditskaya, S., 2021.

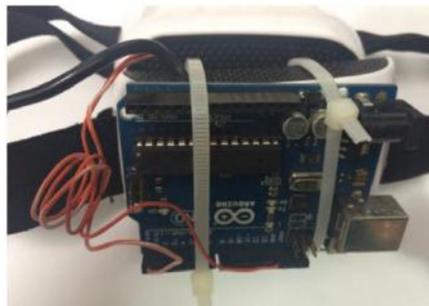


Figura 9. Conexión del Auricular al Arduino. Tomado de Cruz Rodríguez, A. M. y Sánchez

<sup>Machet, 2021, p. 34-51</sup>  
**3.2** Cuando se conecta el Arduino a los auriculares, se instala la biblioteca gratuita Brian Serial Out y se añade el código de trabajo utilizando un IDE que puede visualizar las señales enviadas desde los auriculares como datos CVS.

Para la elaboración de gráficos, se utiliza un software de aplicación gratuito llamado Processing 2.2.1, que es compatible con Arduino. Esto permite visualizar en tiempo real los datos adquiridos en formato CVS y representarlos como un espectro de energía.

La extensión PDE debe utilizarse para programar el procesamiento y vincularlo al código escrito en el IDE de Arduino. Para ello es necesario descargar dos librerías gratuitas ya creadas, BrainGrapher.pde e IP5Controller. El último código (Cruz Rodríguez, A. M., 2017) contiene plataformas (subcódigos) denominadas Brain grapher, Channel, ConnectionLigth, Graph y Monitor. Cuando se conectan entre sí, suelen generar los parámetros necesarios para producir un gráfico que muestre los cambios en las ondas cerebrales a lo largo del tiempo, como se observa en la Figura 10.

Todo el desarrollo, el procesamiento y la interpretación de las señales individuales obtenidas en los distintos ejercicios relacionados con los ritmos cerebrales en el dominio de la frecuencia se almacenan en el código fuente de procesamiento de Arduino. Esto incluye los patrones de entrada y salida de cada una de las variables mencionadas. Se codifican como X, Y, W y H y se asignan al canal de transmisión IP5, con tamaños de paquetes de datos que

van de 1024 a 768 bytes y velocidades de 9600 baudios. Estas señales se modelan para cada Wavelet (Cruz Rodríguez, A. M., 2017).

Cuando los datos procesados por el Arduino se grafican contra el tiempo, se observan picos clasificados por color, calidad de la señal, nivel de atención, meditación, delta, theta, alfa bajo, alfa alto, beta bajo, beta alto, rango bajo y rango alto (Parte Superior, Figura 10). Estos valores son identificados por Neurosky para la modulación de la señal y la transmisión de datos.

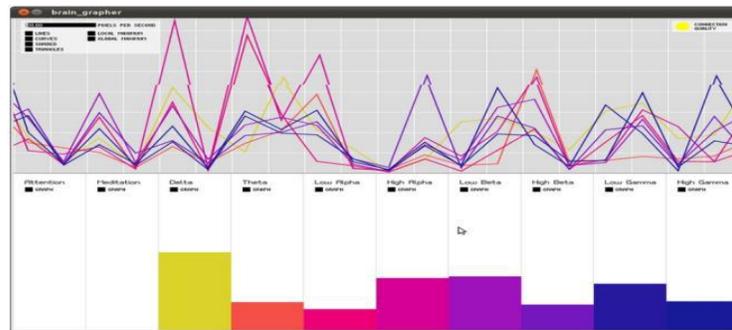


Figura 10. Visualización de la intensidad relativa de las señales cerebrales en el tiempo (triángulos) y por intervalos de frecuencia (rectángulos). Tomado de Cruz Rodríguez, A. M. y Sánchez Machet, 2021, p. 34-51

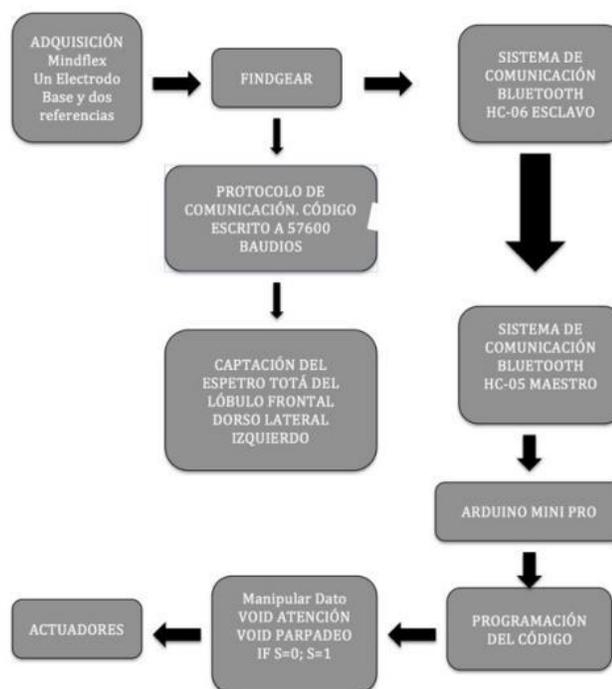
**3.3** Para reducir el tamaño del dispositivo sin sacrificar la versatilidad o la funcionalidad, se sustituyó la placa Arduino Uno (4,1" de largo y 2,1" de ancho) por la Arduino Pro-mini (1,3" de largo y 1,8 cm de ancho) que incluye una placa compatible con Arduino HC-06 sistema Bluetooth que permite la transferencia inalámbrica de datos y facilita la transferencia de datos a los dispositivos Android (Yhtomitsy, 2014; N. Mechatronics, 2014).

Además, se ha añadido un módulo de conexión USB FTDI 232 que, además de ahorrar espacio, aumenta la velocidad de transmisión de datos. Como estos tres módulos (Arduino pro-mini, HC-06 y FTDI 232) tienen el mismo tamaño, son más fáciles de colocar en el auricular.

Por último, se ha desarrollado un protocolo Arduino llamado "Eyes Blink". Esto detecta las señales de ruido, no aleatorias y de baja intensidad, y permite activar la prótesis mediante los impulsos de tensión que generan. Como resultado de esta detección, el usuario puede elegir si utilizar las señales obtenidas del lóbulo frontal o del parpadeo.

A continuación, el sistema está vinculado por un código que convierte la señal de parpadeo en una señal eléctrica de salida media que activa un actuador (en este caso un motorreductor), que a su vez activa la prótesis por acoplamiento mecánico.

El sistema final, con sus diversas partes interactivas y protocolos de comunicación, se sintetiza en el diagrama de bloques de la figura 11, y la apariencia real y la descripción de cada uno de sus componentes en la Figura 12.



Como se muestra en la Figura 12, el sistema consta de módulos independientes, lo que facilita los servicios de reparación y sustitución en caso de avería.

El código que hace posible el funcionamiento de la prótesis se inicia con la declaración de las variables de

ejecución para cada uno de los pines del Arduino mini, así como la definición de las variables para cada una de las señales en sus respectivos rangos de frecuencia y a continuación los comandos de envío hacia el puerto serial de los datos recibidos, con la opción de selección de modo entre parpadeo o relajación que hacen que el actuador Figura 13, se accione en el momento adecuado. Mayores detalles pueden ser consultados en Cruz Rodríguez, A. M., 2017.

El diseño de la prótesis realizada con impresión 3D, se optimizó con el fin de que la adaptación de los servomotores garantice óptima funcionalidad.

## RESULTADOS

Figura 11. Diagrama de bloques funcional del sistema de prótesis de mano, controlada por señales EEG. Tomado de Cruz Rodríguez, A. M. y Sánchez Machet, 2021, p. 34-51

Un protocolo de comunicación, entendido como un conjunto de reglas que gobiernan el intercambio organizado de bits a través de un canal digital, puede implementarse mediante un código estructurado simple que proporciona comprensión y claridad en la ejecución de las tareas de control de señales que permiten la ejecución de tareas específicas por parte del actuador.

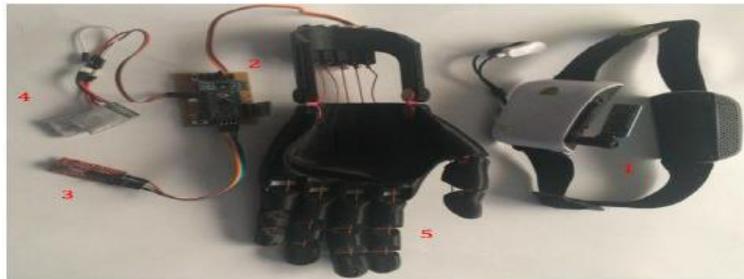


Figura 12. Estructura final del diseño. 1) Auricular: sistema de captación y envío de señales eléctricas, configurado básicamente con el módulo HC-04. 2) Módulo de recepción de señales, conformado por el Mini Pro y cuyo elemento de recepción es el módulo HC-05. 3) Módulo FTDI232: Encargado de Arduino posibilitar la conexión vía USB entre el Arduino Mini pro y un computador para hacer lectura del estado de las señales o captación de los niveles de POOR SIGNAL (ruido) que suministra el software. 4) Baterías de litio de 3.7v a 250 mAh, encargadas de la alimentación del servomotor (actuador), que fue diseñado con alimentación independiente para no afectar en caso de sobrecarga los diferentes módulos conectados en el sistema. 5) Prótesis diseñada por PROTOTYPE 3D. Tomado de Cruz Rodríguez, A. M. y Sánchez Machet, 2021, p. 34-51.

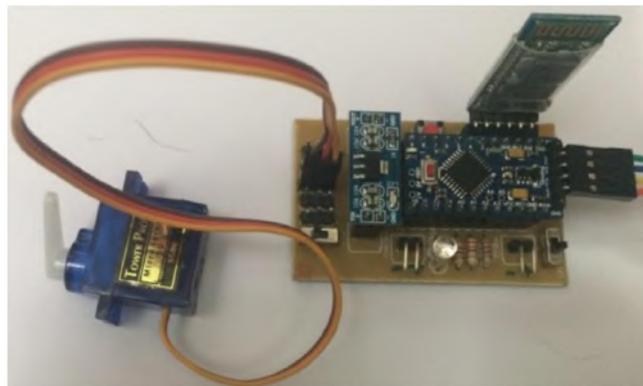


Figura 12. Montaje del servomotor (actuador) sobre la placa principal. Tomado de Cruz Rodríguez, A. M. y Sánchez Machet, 2021, p. 34-51.

Se identificó la presencia de potenciales en diferentes regiones cerebrales, especialmente en la región dorsolateral izquierda, donde se realizaron las mediciones gráficas, que se asocian con los niveles de atención, meditación y relajación. Sobre todo, la intensidad de las señales alfa, beta y gamma que puede generar una persona es controlable y reproducible mediante el entrenamiento, lo que facilita la adaptación de las rutinas para el manejo controlado de la prótesis.

Las señales adquiridas de los ritmos Alfa creados a través del canal de comunicación digital de la plataforma Arduino requieren un flujo de comunicación de aproximadamente 57600 baudios. Esto garantiza un muestreo que reduce la relación señal-ruido, aumentando con ello la confiabilidad en el nivel de señal registrada. Este nivel se ajusta en el código programado.

Construir una prótesis sobre la plataforma Neurosky, desarrollada para los juegos de mesa y basada en el análisis de señales, ofrece una gran oportunidad para reducir los costes en comparación con otros tipos de prótesis del mercado, reducir las ventas hasta un 80% con un coste menor y ofrecer las prestaciones adecuadas para una respuesta eficaz y oportuna y una fácil ejecución de las tareas.

## **CONCLUSIONES**

Un protocolo de comunicación, entendido como un conjunto de reglas que gobiernan el intercambio organizado de bits a través de un canal digital, puede ser implementado por un simple código estructurado que proporciona comprensión y claridad en la ejecución de las tareas de control de señales para realizar una tarea específica por un actor.

La presencia de potenciales en diferentes regiones cerebrales, especialmente en la región dorsolateral izquierda donde se han realizado mediciones gráficas en comparación con la

teoría, corresponden a niveles de atención, meditación y relajación, identificados como señales alfa, beta y gamma, en particular Una persona genera antes de operar la prótesis por primera vez a través de la práctica simple, y la práctica Más adelante, estos potenciales pueden generarse de forma más rápida y completa, y pueden ser detectados por electrodos.

Las señales obtenidas a partir del ritmo alfa, establecidas a partir del canal de comunicación digital de la plataforma Arduino, establece una velocidad cercana a los 57600 baudios que concuerda claramente con lo establecido con la teoría, disminuyendo los porcentajes de error o POOR Signal de 24 a 0 según lo estimado en el código programado.

Manipular desde la teoría y luego en los montajes electrónicos, cada uno de los dispositivos que se dispusieron para comprender el funcionamiento del sistema inicial, especialmente del microprocesador del Mindflex, y luego en la adaptación de funcionalidad y disminución de robustez del equipo, genera interesantes opciones de trabajo en la física, donde se hace posible abrir una amplia gama de opciones de simulación de sistemas físicos a partir del trabajo con micro controladores Arduino, que en su programación y modelamiento electrónico, no proporcionan mayor dificultad, pero si se consigue gran aprendizaje y verificación de los fenómenos.

La construcción de la prótesis bajo el proceso de análisis de un juego producido por una empresa como Mattel, con base en trabajo experimental basado en el análisis de señales, se convierte en una gran oportunidad en reducción de costos frente a otro tipo de prótesis que se encuentran en el mercado, reduciéndolos hasta en un 80% su costo comercial y presentando una funcionalidad apropiada para respuestas eficientes en tiempo y ejecución de tareas simples.

La inclusión de la física y el estudio del cerebro sigue abriendo puertas para la dedicación a una profesión específica en la neurología o la electrofisiología, en la que la física juega un papel fundamental y se relaciona con muchas áreas de la ciencia que permiten el trabajo posterior acerca del cerebro.

Herramientas como Arduino, Processing y Eagle se convierten en medios de fácil uso y amplia cobertura de aplicaciones para el análisis de sistemas electromagnéticos, que en

cuanto a sus simulaciones, dejan la posibilidad al estudiante de abordar trabajos con diferentes sensores o dispositivos electrónicos concretos que contribuyen a simular sistemas físicos con gran detalle y modelamiento matemático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Wolpaw, J, et al. (2002): “Brain–computer interfaces for communication and control”. *Clin Neurophysiol*, Vol. 113, p. 767–791. [[Enlace](#)]

Villegas, A., Lugo, E., Pacheco, J., & Villegas, H. (2007). Implementación de una Interfaz Cerebro Computador Basada en la Interpretación del Electroencefalograma para el Control a Distancia de Dispositivos Electrónicos. *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*, p. 220–224. [[Enlace](#)]

Haas, L. F. (2003). Hans Berger (1873–1941), Richard Caton (1842–1926), and electroencephalography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, Vol.74, p. 647–649. [[Enlace](#)]

Vidal, J. (1973). “Toward direct brain-computer communication”. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, Vol. 2, p. 157-180. [[Enlace](#)]

García, B. (2018, 8 febrero). El innovador futuro de las interfaces conectada al cerebro. *ThinkBig*. Recuperado el 16 de marzo de 2022. [[Enlace](#)]

Cruz Rodríguez, A. M., & Sánchez Machet, H. (2021). Prótesis de mano controlada con señales EEG. *MOMENTO*, Vol. 63, p. 34–51. [[Enlace](#)]

Borrego, C. y Trujillo, J., *Acta Médica Colombiana*, Vol. 8, p. 255 (1983). [[Enlace](#)]

Martín Barraza, J. I., Sistema Brain Computer Interface. Tesis de Maestría. *Departamento de Diseño y programación de sistemas electrónicos, Universidad Politécnica de Cataluña de la Plata*, 2015. [[Enlace](#)]

Spinelli, E. M., Interfaces para Control Cerebral. Tesis de Maestría. *Departamento de Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata*, 2000, p. 10–11. [[Enlace](#)]

Bear, M. F. y et al., Neurociencia La Exploración Del Cerebro. 3a Edición, *New York: Lippincott Williams & Wilkins*, 2008. [[Enlace](#)]

Sanei, S. y Chambers, J. A., EEG Signal Processing (Wiley, 2007). [[Enlace](#)]

De La Torre Abaitua, J., Procesado de señales EEG para un interfaz cerebro-máquina (BCI). Proyecto fin de carrera. *Departamento de teoría de la señal y comunicaciones, Universidad Carlos III de Madrid*, 2012. [[Enlace](#)]

Muzumdar, A., Powered Upper Limb Prostheses: Control, Implementation and Clinical Application. *Springer Science & Business Media*, 2004. [[Enlace](#)]

Purbes, D. and et al., Neuroscience, 3rd ed. *Sinauer Associates, Inc.*, 2004. [[Enlace](#)]

Snell, R. S., Clinical Neuroanatomy, 7ma Edición. *Wolters Kluwer - Lippincott Williams & Wilkins*, 2010. [[Enlace](#)]

Sarmiento, L., Reconocimiento del Habla Silenciosa con Señales Electroencefalográficas EEG para Interfaces Cerebro Computador. Tesis de Doctorado. *Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia*, 2015. [[Enlace](#)]

Lange, D., Pratt, H., & Inbar, G. (1997). Modeling and estimation of single evoked brain potential components. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 44, p. 791–799. [[Enlace](#)]

NeuroSky. (s. f.). *Neurosky, Body and Mind*. Recuperado el 17 de marzo de 2022. [[Enlace](#)]

Mika, E., & Yuditskaya, S. (2010, 21 febrero). *How to Hack Toy EEGs*. Frontier Nerds. Recuperado el 19 de marzo de 2022. [[Enlace](#)]

Cruz Rodríguez, A. (2017). *Construcción de una prótesis de mano, controlada a través de señales EEG obtenidas del lóbulo frontal, a través del análisis de una unidad Mindflex*. [[Enlace](#)]

Yhtomitsy. (2017, 14 octubre). *Add Bluetooth to Your Arduino Project - Arduino+HC-06*. Instructables Circuits. Recuperado el 19 de marzo de 2022. [[Enlace](#)]

Naylamp Mechatronics. (s. f.). *Configuración del módulo bluetooth HC-05 usando comandos AT*. Recuperado el 19 de marzo de 2022. [[Enlace](#)]



**Revista Especializada de Ingeniería y  
Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805 -1874**

**Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022**

**PROPUESTA GEOTECNICA A ESTABILIZACION DE TALUD BAJO CONDICION DE  
FALLA A DERRUMBE GLOBAL EN EL SECTOR DE MIRAMAR DISTRITO DE SANTA  
ISABEL PROVINCIA DE COLON**

**GEOTECHNICAL PROPOSAL TO STABILIZE THE SLOPE UNDER THE CONDITION OF  
FAILURE TO GLOBAL SLUMP IN THE SECTOR OF MIRAMAR DISTRICT OF SANTA  
ISABEL PROVINCE OF COLON**

Irving Isaac Isaza Santos  
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería  
irving.isaza@up.ac.pa  
ORCID.ORG/0000-0002-4029-0992

Freddy González  
Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería  
fredy.gonzalez@utp.ac.pa  
ORCID.ORG/ 0000-0002-8582-9306

Ricardo Dominguez  
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería  
ricardo.dominguez@up.ac.pa  
ORCID.ORG/0000-00027227-8939

Recibido:7/4/2020 Aceptado: 15/9/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

## **RESUMEN**

En visita realizada a un talud ubicada en el sector de Miramar Distrito de Santa Isabel Provincia de Colon, nos percatamos que por la altura, las altas pendientes, las características del suelo (limoso-arcilloso con altos contenidos de plasticidad), derrumbes en pequeños sectores y altos contenidos de

humedad que el mismo presenta condiciones para un deslizamiento que comprometa a las viviendas cercanas, las vías de comunicación, y los servicios públicos que se brindan a los sectores aledaños. Es por eso que realizamos un análisis geotécnico para calcular la falla a derrumbe global y con eso mantener dentro de los parámetros de Seguridad como esta establecido en nuestro Reglamento Estructural Panameño en el Capítulo 6 la propuesta de estabilización del talud.

**PALABRAS CLAVE:** Pendientes, características de suelo, derrumbes, contenidos de humedad, falla,

### **ABSTRACT**

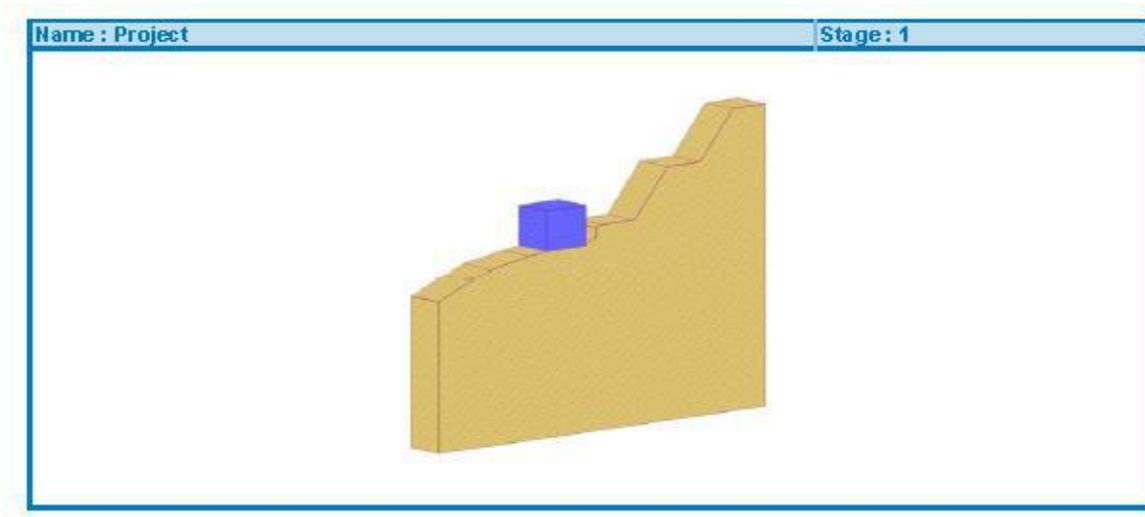
During a visit to a slope located in the sector of Miramar District of Santa Isabel Province of Colon, we noticed that due to the height, the high slopes, the characteristics of the soil (silty-clayey with high plasticity content), landslides in small sectors and high humidity contents that it presents conditions for a landslide that compromises the nearby homes, the communication routes, and the public services that are offered to the neighboring sectors. That is why we carry out a geotechnical analysis to calculate the global collapse failure and thereby keep the slope stabilization proposal within the Safety parameters as established in our Panamanian Structural Regulations in Chapter 6.

**KEYWORDS:** Slopes, soil characteristics, silts, clays, landslides, moisture content, failure.

## INTRODUCCIÓN

Cuando la superficie de un suelo expuesto conforma un ángulo con la horizontal se denomina a esto talud sin restricciones. La pendiente que tiene el talud puede ser natural o construida. Si dicha pendiente es lo suficientemente grande, puede ocurrir falla de la pendiente, es decir, la masa de suelo puede deslizarse hacia abajo. La fuerza motriz supera la resistencia del suelo al corte a lo largo de la superficie de ruptura.

Fig. 1 Estado de las Pendientes en el Talud a Analizar



Fuente: Elaboración Propia

En nuestro caso realizaremos cálculos que comprueben la seguridad de los taludes naturales, los que se conformen y sean compactados para que de esta forma hagamos un análisis de estabilidad de talud lo que implicara la determinación y la comparación del corte que se desarrollara a lo largo de la superficie de ruptura mas probable con la resistencia de dicho suelo al corte.

Para realizar esto debemos tomar en cuenta la mayor cantidad de variables tales como la estratificación del suelo y sus parámetros de resistencia al corte, las filtraciones a través del talud y la elección de una superficie de deslizamiento potencial

## METODOLOGÍA

Para comenzar a realizar este análisis se inicia con un estudio estratigráfico para determinar la clasificación de suelo según el sistema unificado de suelo (S.U.C.S), luego iniciamos con las propiedades geotécnicas del mismo como son cohesión, ángulo de fricción, peso específico y el estudio topográfico del talud

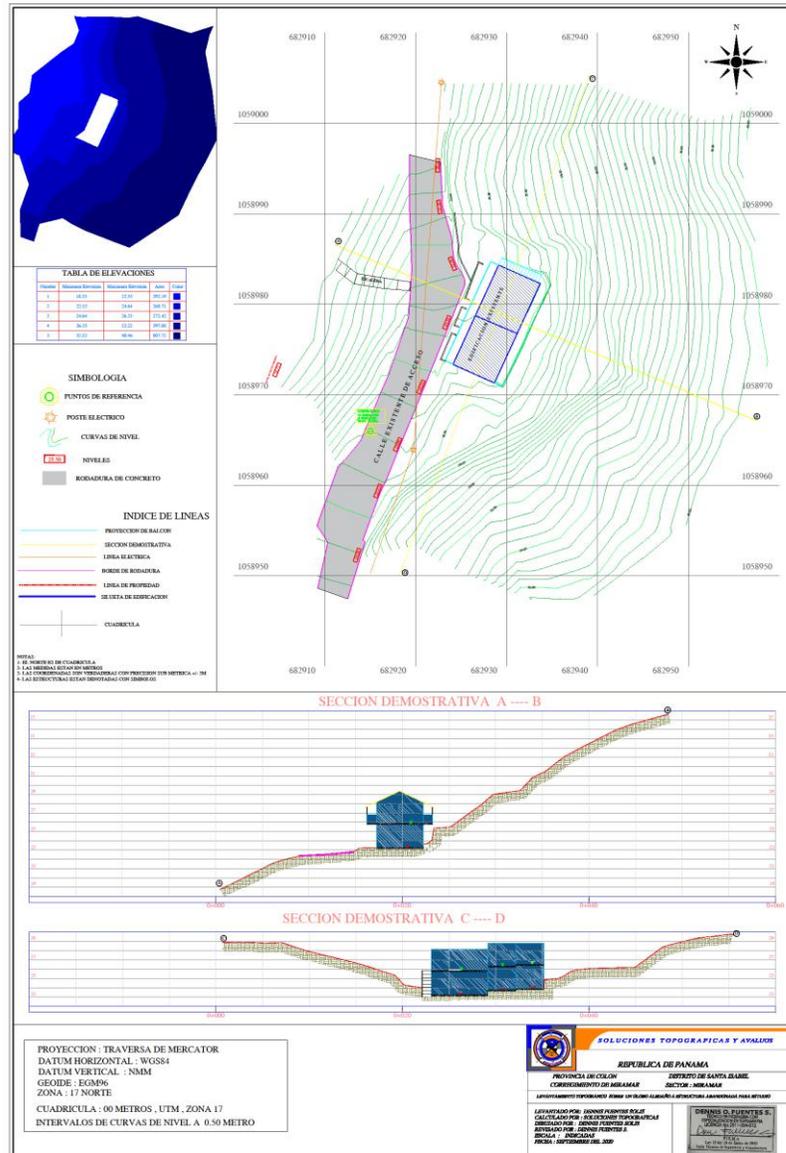


Fig. 2. Topografía de la Zona de Estudio

Fuente los autores

**Soil parameters - effective stress state**

| No. | Name  | Pattern  | $\phi_{ef}$<br>[°] | $c_{ef}$<br>[kPa] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
|-----|---|--|--------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1   | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency |  | 15,00              | 5,00              | 20,50                            |

**Soil parameters - uplift**

| No. | Name  | Pattern  | $\gamma_{sat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_s$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $n$<br>[-] |
|-----|---|--|--|------------------------------------|------------|
| 1   | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency |  | 20,50                                  |                                    |            |

Fig. 3 Características del Suelo del Talud a Analizar

Fuente los autores

Luego de esto se revisa la topografía se substraen las secciones transversales cada 15 metros y se identifican las pendientes naturales y las construidas como puntos de partida ante fallas locales en esas partes de la superficie a lo largo del talud. En cada una de estas secciones juntos con las propiedades geotécnicas se realiza los cálculos para identificar las zonas de derrumbe global y de esta forma realizar las estabilizaciones mediante excavaciones y compactaciones para reducir la falla por análisis de estabilidad del talud. Es importante señalar que la altura promedio del talud es de 15 metros aproximadamente y para realizar el cálculo de estabilización de Talud se utilizaron las técnicas de cálculo de Bishop, Fellenius, Spencer, Janbu con el programa GEO5 todas aceptadas por la teoría de la mecánica de suelos



Fig. 4 Sitio de Estudio

Fuente los autores

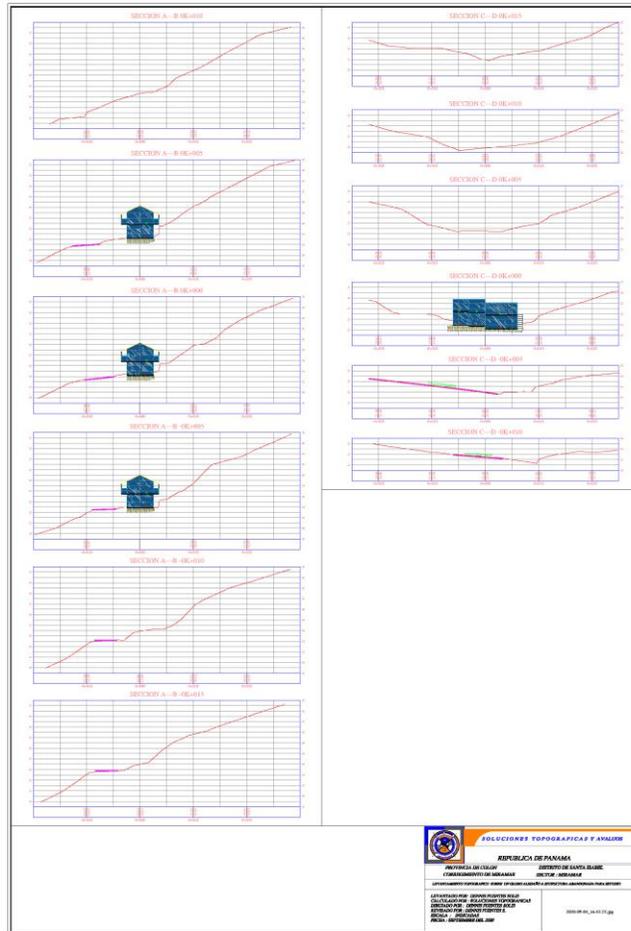


Fig. 4. Secciones Transversales del Talud a Analizar

Fuente los autores



Fig. 5 Falla local existente en el Talud

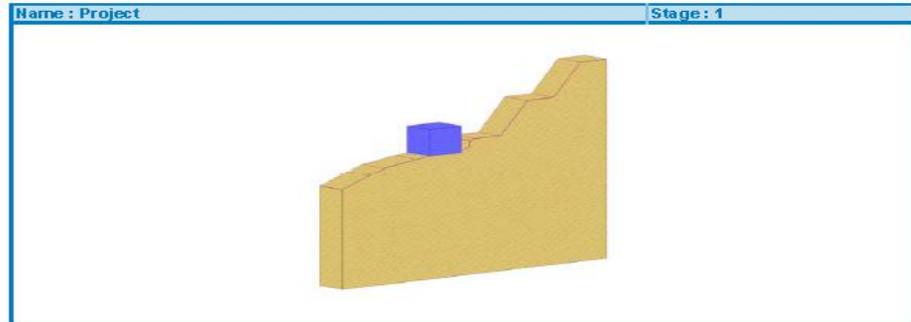
Ing Irving I. Isaza S. Propuesta de Analisis de Estabilizacion de Talud  
Seccion Transversal a la Derecha

**Slope stability analysis**

**Input data**

**Project**

Task : Propuesta de Analisis de Estabilizacion de Talud  
 Part : Seccion Transversal a la Derecha  
 Description : Provincia de Colon Distrito de Santa Isabel  
 Author : Ing Irving I. Isaza S.  
 Date : 28/09/2020



**Settings**

Standard - safety factors

**Stability analysis**

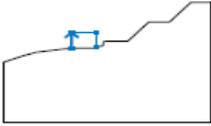
Earthquake analysis : Standard  
 Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors             |                   |          |
|----------------------------|-------------------|----------|
| Permanent design situation |                   |          |
| Safety factor :            | SF <sub>s</sub> = | 1,50 [-] |

**Interface**

| No. | Interface location | Coordinates of interface points [m] |        |       |        |       |        |
|-----|--------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
|     |                    | x                                   | z      | x     | z      | x     | z      |
| 1   |                    | 0,00                                | -18,00 | 5,00  | -16,00 | 8,00  | -15,00 |
|     |                    | 14,00                               | -14,10 | 16,50 | -13,80 | 22,50 | -13,80 |
|     |                    | 22,50                               | -13,50 | 24,00 | -13,00 | 24,10 | -11,80 |
|     |                    | 25,00                               | -11,60 | 30,00 | -11,60 | 35,00 | -5,80  |
|     |                    | 40,00                               | -5,80  | 45,00 | 0,00   | 50,00 | 0,00   |

Fuente los autores

| Ing Irving I. Isaza S.   |   | Propuesta de Analisis de Estabilizacion de Talud<br>Seccion Transversal a la Derecha  |  |                                    |                                  |       |       |
|--|---|---|--|------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|
| No.  | Interface location  | Coordinates of interface points [m]   |  |                                    |                                  |       |       |
|  |   | x   | z                                      | x                                  | z                                | x     | z     |
| 2  |  | 16,50   | -13,80                                 | 16,50                              | -9,00                            | 22,50 | -9,00 |
|  |   | 22,50   | -13,50                                 |                                    |                                  |       |       |
| <b>Soil parameters - effective stress state</b>                              |   |   |  |                                    |                                  |       |       |
| No.  | Name  | Pattern   | $\phi_{ef}$<br>[°]                     | $c_{ef}$<br>[kPa]                  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |       |       |
| 1  | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency             |      | 15,00                                  | 5,00                               | 20,50                            |       |       |
| <b>Soil parameters - uplift</b>  |   |   |  |                                    |                                  |       |       |
| No.  | Name  | Pattern   | $\gamma_{sat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_s$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | n<br>[-]                         |       |       |
| 1  | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency             |      | 20,50                                  |                                    |                                  |       |       |
| <b>Soil parameters</b>   |   |   |  |                                    |                                  |       |       |
| <b>Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency</b> |   |   |  |                                    |                                  |       |       |
| Unit weight :  |   | $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$   |  |                                    |                                  |       |       |
| Stress-state :   |   | effective   |  |                                    |                                  |       |       |
| Angle of internal friction :   |   | $\phi_{ef} = 15,00^\circ$   |  |                                    |                                  |       |       |
| Cohesion of soil :   |   | $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$   |  |                                    |                                  |       |       |
| Saturated unit weight :  |   | $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$   |  |                                    |                                  |       |       |
| <b>Rigid bodies</b>  |   |   |  |                                    |                                  |       |       |
| No.  | Name  | Sample  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ]       |                                    |                                  |       |       |
| 1  | Rigid body No. 1  |  | 20,00                                  |                                    |                                  |       |       |

Fuente los autores

**Slope stability analysis****Input data****Project**

Task : Propuesta de Analisis de Estabilizacion de Talud  
 Part : Seccion Transversal Central  
 Description : Provincia de Colon Distrito de Santa Isabel  
 Author : Ing Irving I. Isaza S.  
 Date : 28/09/2020

**Settings**

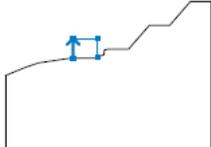
Standard - safety factors

**Stability analysis**

Earthquake analysis : Standard  
 Verification methodology : Safety factors (ASD)

| Safety factors             |          |          |
|----------------------------|----------|----------|
| Permanent design situation |          |          |
| Safety factor :            | $SF_s =$ | 1,50 [-] |

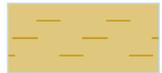
**Interface**

| No. | Interface location  | Coordinates of interface points [m] |        |       |        |       |        |
|-----|---|-------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
|     |   | x                                   | z      | x     | z      | x     | z      |
| 1   |   | 0,00                                | -18,00 | 5,00  | -16,00 | 8,00  | -15,00 |
|     |   | 14,00                               | -14,10 | 16,50 | -13,80 | 22,50 | -13,80 |
|     |   | 22,50                               | -13,50 | 24,00 | -13,00 | 24,10 | -11,80 |
|     |   | 25,00                               | -11,60 | 30,00 | -11,60 | 35,00 | -5,80  |
|     |   | 40,00                               | -5,80  | 45,00 | 0,00   | 50,00 | 0,00   |
| 2   |  | 16,50                               | -13,80 | 16,50 | -9,00  | 22,50 | -9,00  |
|     |   | 22,50                               | -13,50 |       |        |       |        |

**Soil parameters - effective stress state**

| No. | Name  | Pattern   | $\varphi_{ef}$<br>[°] | $c_{ef}$<br>[kPa] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
|-----|---|---|-----------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1   | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency |  | 15,00                 | 5,00              | 20,50                            |

**Soil parameters - uplift**

| No. | Name  | Pattern   | $\gamma_{sat}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_s$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | n<br>[-] |
|-----|---|---|--|------------------------------------|----------|
| 1   | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency |  | 20,50                                  |                                    |          |

Fuente los autores

|                        |   |
|------------------------|---|
| Ing Irving I. Isaza S. | Propuesta de Analisis de Estabilizacion de Talud<br>Seccion Transversal Central |
|------------------------|---|

**Soil parameters**

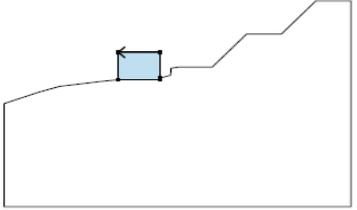
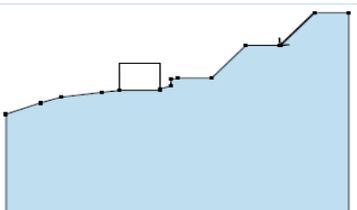
**Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency**

Unit weight :  $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$   
 Stress-state : effective  
 Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$   
 Cohesion of soil :  $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$   
 Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

**Rigid bodies**

| No. | Name             | Sample  | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
|-----|------------------|---|----------------------------------|
| 1   | Rigid body No. 1 |  | 20,00                            |

**Assigning and surfaces**

| No. | Surface position   | Coordinates of surface points [m] |        |       |        | Assigned soil  |
|-----|--|-----------------------------------|--------|-------|--------|--|
|     |  | x                                 | z      | x     | z      |  |
| 1   |   | 22,50                             | -9,00  | 16,50 | -9,00  | Rigid body No. 1<br>  |
|     |  | 16,50                             | -13,80 | 22,50 | -13,80 |  |
|     |  | 22,50                             | -13,50 |       |        |  |
|     |  |                                   |        |       |        |  |
| 2   |  | 45,00                             | 0,00   | 40,00 | -5,80  | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency<br> |
|     |  | 35,00                             | -5,80  | 30,00 | -11,60 |  |
|     |  | 25,00                             | -11,60 | 24,10 | -11,60 |  |
|     |  | 24,00                             | -13,00 | 22,50 | -13,50 |  |
|     |  | 22,50                             | -13,80 | 16,50 | -13,80 |  |
|     |  | 14,00                             | -14,10 | 8,00  | -15,00 |  |
|     |  | 5,00                              | -16,00 | 0,00  | -18,00 |  |
|     |  | 0,00                              | -36,00 | 50,00 | -36,00 |  |
|     |  | 50,00                             | 0,00   |       |        |  |
|     |  |                                   |        |       |        |  |

**Water**

Water type : No water

**Tensile crack**

Tensile crack not input.

**Earthquake**

Earthquake not included.

**Settings of the stage of construction**

Design situation : permanent

Fuente los autores

En los valores introducidos al Geo 5 y que aquí presentamos son las secciones transversales que tienen mayores valores de las pendientes (Derecha y central del talud), y

eso se puede observar con la introducción de las coordenadas para dar forma a la topografía propuesta, adicional se introducen las características del suelo (Cohesión, ángulo de fricción, peso específico) y estructuras que se encuentran dentro del área de estudio (edificaciones). Los valores de estabilización de las pendientes propuestas se encuentran en el rango de 30 a 45 grados con la horizontal

## RESULTADOS

En los resultados que aquí presentamos la principal es la determinación del factor de seguridad que se define como la división entre la resistencia media del suelo al corte y el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla. Este valor numérico del factor de seguridad es de 1.5 y se encuentra establecido en el capítulo 6 del Reglamento Estructural Panameño 2014 (REP-14)

De igual forma se realizaron cambios en la topografía para estabilizar los componentes de masa de suelo y con esto no permitir en los taludes los modos de falla conocidos como círculo de punta, círculos de pendiente y una falla de base que permitiría el caso de falla de círculo de punto medio.



Fig. 6. Sitio a realizar cambios en la Topografía

Fuente los autores.

**Results (Stage of construction 1)****Analysis 1****Circular slip surface**

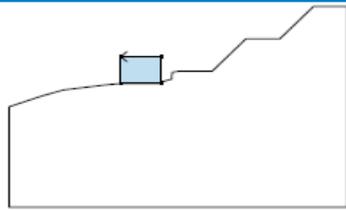
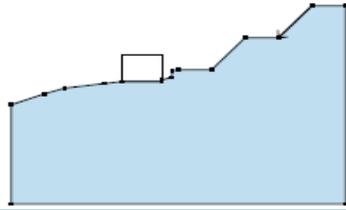
| Slip surface parameters                            |     |            |          |              |            |
|--|-----|------------|----------|--------------|------------|
| Center :   | x = | 23,05 [m]  | Angles : | $\alpha_1 =$ | -47,83 [°] |
|  | z = | -29,04 [m] |          | $\alpha_2 =$ | 47,83 [°]  |
| Radius :   | R = | 20,40 [m]  |          |              |            |
| Analysis of the slip surface without optimization. |     |            |          |              |            |

**Slope stability verification (all methods)**

Bishop : FS = 11,34 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Fellenius / Petterson : FS = 9,20 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Spencer : FS = 11,33 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Janbu : FS = 11,33 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Morgenstern-Price : FS = 11,33 > 1,50 **ACCEPTABLE**

Fuente los autores

**Assigning and surfaces**

| No. | Surface position  | Coordinates of surface points [m] |        |       |        | Assigned soil  |
|-----|---|-----------------------------------|--------|-------|--------|--|
|     |   | x                                 | z      | x     | z      |  |
| 1   |  | 22,50                             | -9,00  | 16,50 | -9,00  | Rigid body No. 1<br>  |
|     |   | 16,50                             | -13,80 | 22,50 | -13,80 |  |
|     |   | 22,50                             | -13,50 |       |        |  |
| 2   |  | 45,00                             | 0,00   | 40,00 | -5,80  | Clay with high or very high plasticity (CH, CV, CE), firm consistency<br> |
|     |   | 35,00                             | -5,80  | 30,00 | -11,60 |  |
|     |   | 25,00                             | -11,60 | 24,10 | -11,80 |  |
|     |   | 24,00                             | -13,00 | 22,50 | -13,50 |  |
|     |   | 22,50                             | -13,80 | 16,50 | -13,80 |  |
|     |   | 14,00                             | -14,10 | 8,00  | -15,00 |  |
|     |   | 5,00                              | -16,00 | 0,00  | -18,00 |  |
|     |   | 0,00                              | -36,00 | 50,00 | -36,00 |  |
|     |   | 50,00                             | 0,00   |       |        |  |

**Water**

Water type : No water

**Tensile crack**

Tensile crack not input.

**Earthquake**

Earthquake not included.

**Settings of the stage of construction**

Design situation : permanent

**Results (Stage of construction 1)**

**Analysis 1**

**Circular slip surface**

| Slip surface parameters                            |     |            |                        |
|--|-----|------------|------------------------|
| Center :   | x = | 23,05 [m]  | Angles :               |
|  | z = | -29,04 [m] |                        |
| Radius :   | R = | 20,40 [m]  | $\alpha_2 =$ 47,83 [°] |
| Analysis of the slip surface without optimization. |     |            |                        |

**Slope stability verification (all methods)**

Bishop : FS = 11,34 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Fellenius / Petterson : FS = 9,20 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Spencer : FS = 11,33 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Janbu : FS = 11,33 > 1,50 **ACCEPTABLE**  
 Morgenstem-Price : FS = 11,33 > 1,50 **ACCEPTABLE**

Fuente los autores

## CONCLUSIONES

De los resultados comparativos de las distintas teorías de la mecánica de suelo se puede observar que los factores de seguridad son muy similares excepto el de Fellinius/Petterson pero todos tienen valores amplios contra el mínimo exigido por el Reglamento Estructural Panameño por lo cual el talud con estos cambios se encuentra dentro del rango de seguridad a la falla global

Que los cambios a la topografía de la zona de estudio son necesarios, para estabilizar las masas de suelo de manera local y de igual forma los rangos de las pendientes propuestas logran que no se den en ninguna de las etapas del talud las fallas antes mencionadas

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Das M. Braja Ingeniería Geotecnia Cuarta Edición Editorial Cengage Learning

Gonzalez de Vallejo, Luis Ingeniería Geológica Editorial Pearson – Prentice Hall

Suarez Jaime Deslizamientos – Analisis Geotécnica

Manuales demo de Geo5 V16 Configuración de Análisis y Administrador de Configurar  
Reglamento Estructural Panameño 2014 (Rep-14)

American Association of State Highway and Transportation Officials (2014). AASHTO  
LRFD Bridge Design Specifications Washington.

Agreda, A.P. (2005) Estabilidad de Taludes, Barcelona; Universidad Politécnica de Catalunya

**Influencia de la suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras sobre la producción de leche.**

**Influence of supplementation with calcium salts of protected linseed oil on productive performance of dairy cows in early lactation.**

Yaliska Milena Moreno Gonzalez

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia.  
milena2y@gmail.com

ORCID.ORG/0000-0001-6643-7713

Recibido:8/6/2021 Aceptado: 20/10/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del suministro de sales cálcicas (AGPI-Ca) de aceite de lino rico en omega-3 (ácido  $\alpha$ -linolénico) sobre la producción y composición química de la leche en vacas lecheras en lactancia temprana. El período experimental tuvo una duración de 12 semanas. Se utilizaron 36 vacas Holando Argentino con  $56,4 \pm 3,0$  días de lactancia,  $586,8 \pm 15,4$  kg PV,  $2,3 \pm 0,2$  lactancias y  $37,7 \pm 1,5$  kg leche d-1 en un diseño en bloques completos aleatorizados. Los tratamientos fueron: 1) Omega-3 (O3): 12 kg MS día-1 de pastura de alfalfa (*Medicago sativa*) + 13,5 kg MS día-1 de TMR + 5,2 kg MS de concentrado incluyendo 0,85 kg d-1 de AG-Ca de aceite de lino y 2) Control (C): dieta similar a O3 pero se reemplazó la suplementación con lípidos por grano de maíz molido de modo que las dietas fuesen isoenergéticas. No se detectó efecto de tratamiento ( $P > 0,05$ ) para ninguna de las variables de producción y composición de leche, excepto para urea en leche

que resultó levemente mayor en O3 ( $P = 0,02$ ). La interacción tratamiento x semana resultó significativa ( $P < 0,05$ ) para producción y contenido de grasa, con diferencias significativas sólo en la 3° semana del período experimental a favor del grupo C (1,39 vs. 1,13 kg d<sup>-1</sup> y 3,86 vs. 3,23% para producción y tenor de grasa, respectivamente).

Palabras clave: vaca lechera, sales cálcicas de aceite de lino, ácido  $\alpha$ -linolénico, respuesta productiva, omega 3

### **Abstract**

The objective of this study was to determine the effect of the supply of calcium salts (PUFA-Ca) of flax oil rich in omega-3 ( $\alpha$ -linolenic acid) on the production and chemical composition of milk and its nutraceutical value in dairy cows in early lactation. The experimental period lasted 12 weeks. A total of 36 Holando Argentino cows with  $56.4 \pm 3.0$  days of lactation,  $586.8 \pm 15.4$  kg PV,  $2.3 \pm 0.2$  lactations and  $37.7 \pm 1.5$  kg milk d<sup>-1</sup> were used in a randomized complete block design. The treatments were: 1) Omega-3 (**O3**): 12 kg DM day<sup>-1</sup> of alfalfa pasture (*Medicago sativa*) + 13.5 kg DM day<sup>-1</sup> of TMR + 5.2 kg DM of concentrate including 0.85 kg d<sup>-1</sup> of PUFA-Ca of flax oil and 2) Control (**C**): diet similar to O3 but lipid supplementation was replaced by ground corn so that the diets were isoenergetic. No treatment effect was detected ( $P > 0.05$ ) for any milk production and composition variables, except for urea in milk that was slightly higher in O3 ( $P = 0.02$ ). The treatment x week interaction was significant ( $P < 0.05$ ) for production and fat content, with differences only in the 3rd week of the experimental period in favor of group C (1, 39 vs. 1, 13 kg d<sup>-1</sup> and 3.86 vs. 3.23% for production and fat content, respectively).

**Key words:** dairy cow, calcium salts of flax oil,  $\alpha$ -linolenic acid, productive response, omega

## Introducción

El aumento en el potencial productivo como resultado del mejoramiento genético, acentuó la necesidad de aumentar los niveles de concentrado en la dieta y sostener elevadas producciones de leche. En este contexto, en condiciones de alimentación base pastoril, el consumo de energía constituye un factor limitante para la producción de leche. Para aumentar la densidad energética de la ración, se ha recurrido a suplementar con granos de cereales, no obstante, un aporte excesivo de cereales podría afectar el ambiente ruminal y reducir la degradabilidad de la fibra, aumentando el riesgo de acidosis (Bargo et al., 2003; Schroeder et al., 2004).

Por otro lado, otra alternativa para elevar el consumo de energía es la inclusión de lípidos en las raciones de vacas lecheras de alta genética alimentados sobre una base pastoril debido a que las grasas contiene tres veces más energía neta de lactancia que los alimentos ricos en carbohidratos y proteínas a los que puedan reemplazar (Palmquist, 1984 citado por Schroeder, 2004). Es por ello, que los efectos negativos de la suplementación con granos de cereales podrían atenuarse suministrando lípidos protegidos contra la degradación ruminal.

La técnica de saponificación permite obtener sales cálcicas de ácidos grasos (AG). El aceite de lino es una fuente importante de AG omega-3 (n3), rico en ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3 n3) con bajas concentraciones de AG saturados. Las sales cálcicas de AG poliinsaturados pueden ser poco estables y presentar un cierto grado de disociación a nivel ruminal por los bajos pH comúnmente observados en condiciones de pastoreo. El objetivo fue determinar el efecto del suministro de sales cálcicas de aceite de lino sobre parámetros de producción y composición de leche en vacas lecheras en lactancia temprana.

## Materiales y métodos

Se utilizaron 36 vacas Holando Argentino (DEL  $56,4 \pm 3,0$  días, PV  $586,8 \pm 15,4$  kg, N° lactancias  $23 \pm 0,2$  y producción  $37,7 \pm 1,5$  kg d<sup>-1</sup>) seleccionadas de la estación experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Rafaela, de la provincia de Santa

Fé, Argentina. El periodo experimental tuvo una duración de 12 semanas, siendo 2 semanas de acostumbamiento a los lípidos y 10 semanas de toma de datos. Durante las 3 semanas previas al comienzo (covariable) las vacas recibieron la dieta control y luego fueron asignadas a dos tratamientos: **Omega-3 (O3)**: alimentación en base a pastura de alfalfa (*Medicago sativa*), TMR (silaje de maíz planta entera (63,5%), harina de soja (18,0%)), maíz molido (10,6%) y heno de alfalfa (7,9%)), concentrado comercial y sal cálcica de aceite de lino (base seca: 82,3% MS, 13,2% cenizas, 86,8% EE y 35,82% de C<sub>18:3 n-3</sub>) a una dosis de 0,85 kg d<sup>-1</sup> distribuida en los ordeños (a.m y p.m); **Control (C)**: ídem O3 pero se reemplazó la suplementación de lípidos por maíz molido a modo que las dietas fuesen isoenergéticas (equivalencia: 1 kg MS lípidos= 2 kg MS maíz).

Las vacas fueron pesadas individualmente con una balanza electrónica cada 7 días, luego del ordeño de la mañana e impidiéndoles el acceso al agua aproximadamente 2 h previas a la pesada. La variación diaria de PV entre dos pesadas sucesivas se calculó como la diferencia entre el peso final menos el peso inicial dividido por la cantidad de días transcurridos. Junto con la pesada se determinó la CC por dos observadores independientes usando una escala de 5 puntos (1 = extremadamente flaca y 5 = extremadamente gorda) con incrementos de 0,25 (Wildman et al., 1982) y el valor analizado fue el resultado promedio de ambos evaluadores.

El consumo total de MS fue estimado utilizando el NRC (2001). El consumo de MS de pastura se estimó descontando los consumos de MS de TMR + concentrado (determinados por el método de la diferencia) del consumo total de MS. La producción de leche se midió en forma individual y diaria y la composición de la leche se evaluó a partir de muestras individuales colectadas semanalmente. Los datos se analizaron según un diseño en bloques completamente aleatorizados con medidas repetidas en el tiempo ajustado por covariable.

## **Resultados y Discusión**

- **Producción y composición de la leche**

No se detectó efecto tratamiento para ninguno de las variables de producción y composición de leche evaluadas, excepto para contenido de urea en leche que resultó levemente mayor en O3 (Cuadro 1). No se detectaron diferencias entre tratamientos ( $P = 0,54$ ) en la concentración de proteína en leche promediando 31,2 g/kg de leche. Los contenidos de lactosa, ST, SNG y caseína no resultaron afectados ( $P > 0,05$ ) por la suplementación con O3.

La interacción tratamiento x semana resultó significativa para producción y contenido de grasa, con diferencias significativas sólo en la 5° semana del período experimental a favor del grupo control (1,39 vs. 1,13 kg d-1 y 3,86 vs. 3,23% para producción y tenor de grasa, respectivamente). Los consumos de MS total y de TMR (kg d-1) resultaron similares entre tratamientos (22,1 vs 22,7 y 12,8 vs. 13,1 para C y O3, respectivamente). Se detectó una tendencia ( $p < 0,06$ ) a un mayor consumo de MS de pastura en O3 con respecto a C (5,6 vs. 3,4 kgd-1, respectivamente). El consumo de concentrado en cambio, resultó mayor ( $p < 0,01$ ) en C con respecto a O3 (5,9 vs. 3,9 kg MS d-1, respectivamente).

**Cuadro 1:** Producción y composición de leche en vacas lecheras suplementadas (O3) o no (C) con aceite de lino protegido (0,85 kg d-1) durante 10 semanas.

| Variable              | Tratamiento <sup>1</sup> |       | EEM   | Trat |
|-----------------------|--------------------------|-------|-------|------|
|                       | O3                       | C     |       |      |
| Leche, kg d-1         | 33,4                     | 33,8  | 0,85  | 0,72 |
| LGC4%,kg d-1          | 29,9                     | 31,1  | 0,95  | 0,40 |
| LEC, kg d-1           | 29,8                     | 30,9  | 0,92  | 0,40 |
| Grasa, %              | 3,31                     | 3,47  | 0,08  | 0,21 |
| Grasa, kg d-1         | 1,10                     | 1,17  | 0,04  | 0,20 |
| Prot. Total, %        | 3,11                     | 3,14  | 0,04  | 0,54 |
| Prot. Total, kg d-1   | 1,03                     | 1,06  | 0,03  | 0,41 |
| Proteína Verdadera, % | 2,89                     | 2,92  | 0,04  | 0,54 |
| Lactosa, %            | 4,87                     | 4,83  | 0,02  | 0,17 |
| Caseína, %            | 2,49                     | 2,48  | 0,02  | 0,60 |
| Urea, %               | 0,039                    | 0,037 | 0,001 | 0,02 |

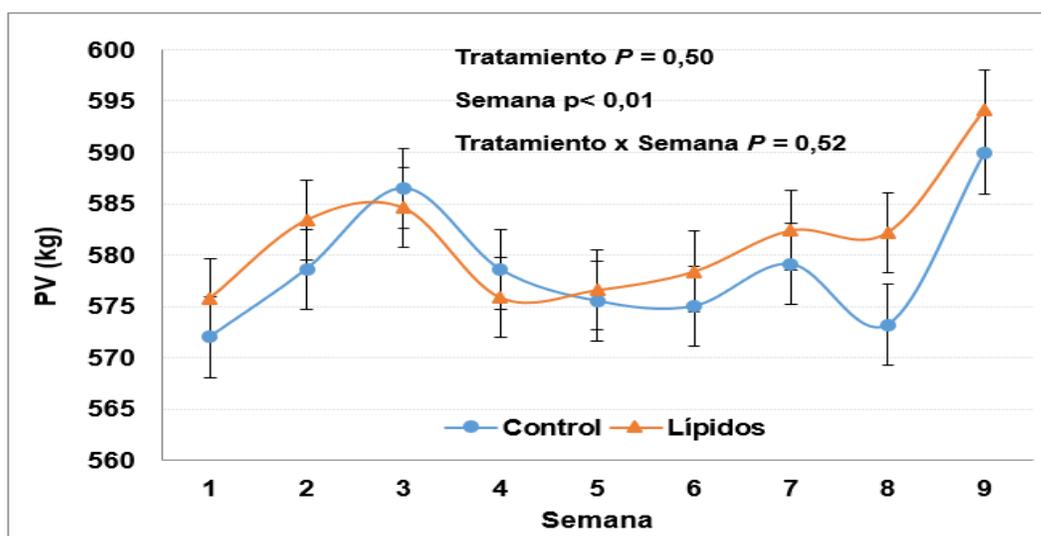
Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), <sup>1</sup>Trat, tratamientos; polinomio lineal y cuadrático; NS =  $p > 0,05$ ; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ . <sup>2</sup> Error standard de la media.

Los efectos de la suplementación con lípidos sobre la producción de leche han sido inconsistentes entre estudios, lo que probablemente esté asociado con la fuente de grasa utilizada (Rabiee et al., 2010). Se ha hecho la observación de que la respuesta productiva a los suplementos lipídicos puede depender del nivel de producción del animal y del grado de saturación de los lípidos (Relling y Reynolds, 2007; Rico et al., 2014).

En este trabajo de investigación, tanto la producción de leche como la producción de LGC4% no fueron afectadas por la suplementación con sales cálcicas de aceite lino, lo cual es coincidente con el estudio de Brzóška (2006), donde la producción de leche en vacas lecheras no difirió significativamente como resultado de la suplementación con sales cálcicas de aceite de lino con una ingesta diaria de 0,31, 0,61 o 0,94 kg/día, a pesar de la mayor concentración energética de la dieta.

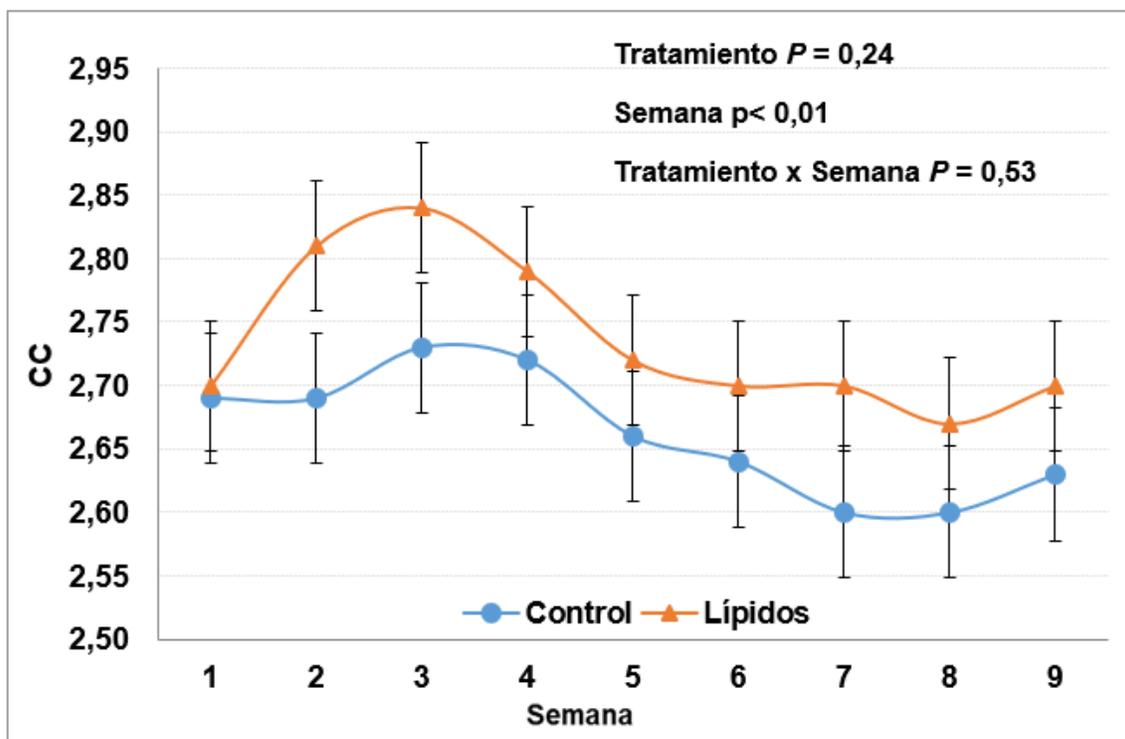
- **Peso Vivo y condición corporal**

No se observaron diferencias entre los tratamientos ( $P = 0,50$ ) para los valores de peso vivo (PV) durante el período experimental (Figura 4.11). La interacción tratamiento\*semana tampoco resultó significativa ( $P = 0,52$ ), indicando que la falta de respuesta a los tratamientos fue independiente de la semana del período experimental.



**Figura 1.** Evolución del peso vivo en vacas lecheras suplementadas (O3) o no (C) con aceite de lino protegido (0,85 kg día<sup>-1</sup>).

Resultados similares fueron obtenidos cuando la variable respuesta analizada fue la evolución de la condición corporal (CC; Figura 2).



**Figura 2.** Evolución de la condición corporal en vacas lecheras suplementadas (O3) o no (C) con aceite de lino protegido (0,85 kg día<sup>-1</sup>).

El PV y la CC resultaron similares entre tratamientos coincidentes con valores similares en los niveles circulantes de Betahidroxibutirato, parámetro indicador de lipo movilización determinado en un estudio complementario al presente referido a respuesta reproductiva (Iorio et al., 2016).

El peso corporal promedio de las vacas mostró una ligera tendencia a incrementarse con las semanas, lo que sugiere que podrían haberse sometido a un proceso de lipogénesis, el cual ocurre en las vacas durante el período posterior al pico de lactancia cuando comienzan a restaurar el tejido graso y el peso corporal perdido durante la lactancia. Se ha postulado que la suplementación con lípidos insaturados no reduce la pérdida de peso en vacas en inicio de lactancia ni favorece la reconstitución de reservas corporales en vacas en lactancia media (Gagliostro; Chilliard, 1992b).

## **Conclusiones**

En las condiciones del presente trabajo la suplementación con sales cálcicas de aceite de lino (0,85 kg d-1) no provocó efectos sobre la producción y composición de leche y los parámetros asociados a la variación de reservas corporales, excepto un leve aumento en el contenido de urea en leche. Tampoco afectó el consumo de forraje, sugiriendo que la protección de los lípidos por saponificación resultó efectiva.

## Referencias bibliográficas

Bargo, F., Muller, L. D., Kolver, E. S., & Delahoy, J. E. (2003). Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 1-42. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4)

Schroeder, G. F., Gagliostro, G. A., Bargo, F., Delahoy, J. E., & Muller, L. D. (2004). Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livestock Production Science*, 86(1), 1–18.

Rabiee, A. R., Lean, I. J., Stevenson, M. A., & Socha, M. T. (2010). Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4239–4251.

Relling, A. E., & Reynolds, C. K. (2007). Feeding Rumen-Inert Fats Differing in Their Degree of Saturation Decreases Intake and Increases Plasma Concentrations of Gut Peptides in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 90(3), 1506–1515. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71636-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71636-3)

Rico, D. E., Ying, Y., & Harvatine, K. J. (2014). Comparison of enriched palmitic acid and calcium salts of palm fatty acids distillate fat supplements on milk production and metabolic profiles of high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(9), 5637–5644. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7723>

Brzóska, F. (2006). Effect of fatty acid calcium salts from linseed oil on the yield and n-3 fatty acid content of milk and on blood plasma parameters of cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 15(3), 347. DOI: 10.22358/jafs/66906/2006

Iorio, J.D., Salado, E.E., González Moreno, Y.M., Curletto, D., Olmeda, M.F., Schmidt, G.C., Plattner, A.E., Palladino, R.A., Scandolo Lucini, D.E. Y Maciel, M.G. (2017). Suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras: parámetros de estado corporal y metabolitos plasmáticos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 36 (Supl. 1): 267.

Gagliostro, G. A., & Chilliard, Y. (1992). Utilización de lípidos protegidos en la nutrición de vacas lecheras. II. Efectos sobre la concentración plasmática de metabolitos y hormonas, movilización de lípidos corporales y actividad metabólica del tejido adiposo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 12, 17–32.



**Modelo de Toma de Decisiones y la Gestión de Rentabilidad en las  
Empresas del Sector Rural en la Ciudad de Panamá, 2019**

**Development of a Decision-Making Model and Profitability Management  
in Rural Sector Companies in Panama City**

Jonathan Benjamín García,  
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería,  
Jonathan.gacia.@up.ac.pa,  
ORCID.ORG/0000-0002-1841-1129

Mirna Ibeth Rodríguez  
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería  
mirna.rodriguez-i@up.ac.pa  
ORCID.ORG/0000-0001-7082-1718

Recibido:8/4/2020 Aceptado: 18/11/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

**RESUMEN**

El propósito de este trabajo de investigación es demostrar que existe una relación entre las variables de estudio, en donde es esencial un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales para obtener una buena rentabilidad en las empresas emergentes del sector rural. El modelo de negocio es importante porque describe la racionalidad de cómo una organización crea, entrega y captura valor, el cual se genera a partir de una combinación única de recursos y capacidades y por otra parte las decisiones influyen en esas combinaciones para obtener al máximo mejor utilidad. Este análisis investigativo se realizó

en 7 empresas de un sector rural ubicado en Potrero Caña de Tole, Cabe destacar que se realizó un análisis previo en el sector para diseñar esta investigación. El tipo de investigación es de método inductivo, cuasi experimental descriptiva en donde se plantea un enfoque cualitativo mediante información de artículos científicos de revistas indexadas y publicaciones de carácter de desarrollo investigativo de las variables de estudio. Se tomó como muestra la información recopilada a través de una entrevista a los empresarios de estos negocios. Se diseño y elaboró un instrumento de medición que a su vez se demuestra su validez y confiabilidad a través de un análisis cuantitativo, para posteriormente explicar mediante datos la relación a estudiar. Los resultados finales mostraron la conexión entre las variables y la importancia de las misma para una buena rentabilidad en las empresas de sectores rurales. Además, se propone un modelo de interacción de los principales factores que influyen en el proceso general de la empresa, como la incidencia de las decisiones estratégicas en los estudios interno y extorno, como herramienta de análisis y mejora.

**PALABRAS CLAVES:** Modelo de negocios, Toma de decisiones, rentabilidad empresarial, Análisis de mercado, Decisiones estratégicas.

## **ABSTRACT**

### **Business model of companies in the rural sector and decision-making as key points of profitability**

The purpose of this research work is to demonstrate that there is a relationship between the study variables, where a business model and managerial decision-making are essential to obtain good profitability in emerging companies in the rural sector. The business model is important because it describes the rationality of how an organization creates, delivers and captures value, which is generated from a unique combination of resources and capabilities and on the other hand, decisions influence those combinations to obtain the best possible value. utility. It was carried out in 6 companies, the type of research is inductive, descriptive quasi-experimental method where a qualitative approach is proposed through information from scientific articles from indexed journals and publications of a research development nature of the study variables. The information collected through an interview with the entrepreneurs of these businesses was taken as a sample. A measurement instrument was designed and developed, which in turn demonstrates its validity and reliability through a quantitative analysis, to later explain the relationship to be studied using data. The final results show the connection between the variables and its importance for good profitability in companies in rural sectors. In addition, an interaction model of the main factors that influence the general process of the company is proposed, such as the incidence of strategic decisions in internal and external studies, as a tool for analysis and improvement.

**KEY WORDS:** Business model, Decision making, business profitability, Market analysis, Strategic decisions

## INTRODUCCIÓN

El proceso de desarrollo de esta investigación nos presenta un panorama existente en las empresas del sector rural y la falta de conocimientos relacionados al análisis de modelo de negocios y la toma de decisiones como puntos clave de la rentabilidad, lo cual conlleva a observar pérdidas en varios sectores de la empresa. La falta de implementación de las variables de estudio se refleja como causa determinante del problema. El proceso de investigación comienza con la definición de los conceptos esenciales para comprender la estructura de la investigación. Un modelo de negocios económico es la forma en la que una empresa crea o aporta valor a sus clientes, obteniendo una rentabilidad a cambio.

Para los autores Chesbrough and Rosenbloom (2001) “las funciones de un modelo de negocio son: articular la proposición de valor; identificar un segmento de mercado; definir la estructura de la cadena de valor; estimar la estructura de costes y el potencial de beneficios; describir la posición de la empresa en la red de valor y formular la estrategia competitiva”.

Además, los modelos de negocios funcionan en base a las decisiones que implementan las empresas en todas sus relaciones. El autor (Al-Debei et al., 2008) explica que un “modelo de negocio es una representación abstracta de una organización, de todos los acuerdos básicos interrelacionados, diseñados y desarrollados por una organización en la actualidad y en el futuro, así como todos los productos básicos y/o servicios que ofrece la organización, o va a ofrecer, sobre la base de estos acuerdos que se necesitan para alcanzar sus metas y objetivos estratégicos”.

La toma de decisiones es uno de los aspectos más significativos en una empresa, porque en ella se resume su cultura, su conjunto de creencias y prácticas gerenciales. En las empresas la toma de decisiones se enfoca casi que exclusivamente a la perspectiva financiera (y la intuición del decisor), dejando a un lado factores relevantes asociados a la situación a resolver,

Para los autores (Jairo Amaya, 2004, pág. 3). La toma de decisiones es fundamental para cualquier actividad humana. En este sentido, somos tomadores de decisiones. Sin embargo, tomar una “buena” decisión empieza con un proceso de razonamiento, constante y focalizado, que puede incluir varias disciplinas. Las decisiones racionales generalmente se toman sin que nos demos cuenta, quizás de manera inconsciente, podemos comenzar el proceso de consideración”.

Del estudio general de una población de negocios de 3 sectores rurales, se tomó el sector con la mayor cantidad de negocios, como muestra de nuestra población de estudio para estudiar las variables. Se elaboró y diseñó un instrumento de medición de reportaje probando la confiabilidad del mismo para obtener sus datos y posteriormente analizarlos. Se utiliza para esta investigación un método inductivo, cuasi experimental descriptiva en donde se plantea un enfoque cualitativo mediante información de artículos científicos que nos ayudan a la comprobación de la hipótesis que existe una correlación entre el modelo de negocios y la

toma de decisiones gerenciales aplicadas a las empresas para obtener rentabilidad en empresas de un sector rural.

## MÉTODO Y MATERIALES

La investigación se fundamenta en la implementación de modelos de negocios en empresas, localizadas en las regiones rurales, con el objetivo de observar y determinar la relación entre la implementación de un modelo de negocios factible y la toma de decisiones gerenciales para la rentabilidad de la empresa.

Para los autores (Carlos L. Escudero S, Liliana A. Cortez S, 2017, pág. 13) “La investigación es una actividad de carácter intelectual que se fundamenta en una planificación sistemática y organizada, con el propósito de descubrir o buscar nuevos conocimientos, valiéndose de procedimientos, estrategias y técnicas, es decir, de un método científico”.

Para comprender las relaciones de estos instrumentos en el manejo de los negocios, nos disponemos a conceptualizarlos y explicarlos.

### 1- Conceptualización

#### 1.1 Concepto de modelos de negocios.

Magretta (2002) define el modelo de negocio como “historias que explican cómo la empresa trabaja”. Utilizando a Drucker como referente, el autor define un buen modelo de negocio como aquél que responde a las siguientes preguntas: ¿Quién es el cliente y qué valora? ¿Cuál es la lógica económica subyacente que explica cómo podemos aportar dicho valor al cliente a un coste apropiado?

Amit y Zott (2001), mencionan que «un modelo de negocio describe el contenido, la estructura y gobernancia de las transacciones diseñadas para crear valor a través de la explotación de las oportunidades de negocios». En esta definición, la transacción se refiere a los bienes o información que está siendo intercambiada, tanto como los recursos y capacidades requeridas para ellos. La estructura de la transacción se refiere a las partes que participan, sus redes y la forma en la que eligen operar. Finalmente, la gobernancia hace referencia a la manera como fluye la información, los recursos y los bienes que son controlados por las partes, el marco institucional y los incentivos que tienen los participantes.

Como se puede apreciar, esta definición toma apuntes de diferentes teorías, que por sí solas, no explican, en consideración de los autores, lo que realmente significa un modelo de negocio. Dicha definición toma nota de las teorías de los mercados virtuales y del emprendimiento, que desde el punto de vista de Schumpeter (1989), implica análisis de

cadena de valor, punto de vista de los recursos, capacidades dinámicas, teoría de los costos de transacción y redes estratégicas.

Chesbrough and Rosenbloom (2001) presentan una definición más detallada y operativa al indicar que las funciones de un modelo de negocio son: articular la proposición de valor; identificar un segmento de mercado; definir la estructura de la cadena de valor; estimar la estructura de costes y el potencial de beneficios; describir la posición de la empresa en la red de valor y formular la estrategia competitiva.

Osterwalder (citado en Márquez, 2010, p. 31), propone una definición referente a los modelos de negocio afirmando que:

Un modelo de negocio es una herramienta conceptual que, mediante un conjunto de elementos y sus relaciones, permite expresar la lógica mediante la cual una compañía intenta ganar dinero generando y ofreciendo valor a uno o varios segmentos de clientes, la arquitectura de la firma, su red de aliados para crear, mercadear y entregar este valor, y el capital relacional para generar fuentes de ingresos rentables y sostenibles.

## **1.2 Importancia de modelos de negocios.**

De acuerdo con Rodríguez, E. M. (2014), Las empresas mediante el desarrollo de sus recursos y capacidades tratan de buscar el equilibrio que les permita lograr una ventaja competitiva sostenible. El modelo de negocio ayuda a formular e implantar la estrategia y se podría decir que aparece en el punto en el cual se vinculan las elecciones de la dirección con sus respectivas consecuencias.

De acuerdo con Osterwalder y Pigneur (2010), el modelo de negocio es importante porque describe la racionalidad de cómo una organización crea, entrega y captura valor, el cual se genera a partir de una combinación única de recursos y capacidades.

El ambiente de los negocios exige a las organizaciones, independientemente de su actividad económica, formular objetivos y desarrollar estrategias que propicien ser sostenibles en el corto, mediano y largo plazo. Dadas las cambiantes condiciones del entorno, esta actividad representa un reto, no obstante, la principal idea de las organizaciones se orienta a la relación con el ambiente y a la generación de valor con sus grupos de interés (Zott y Amit, 2005). En este sentido, es importante enunciar que la metodología por la cual una empresa genera valor es conocida como modelo de negocio.

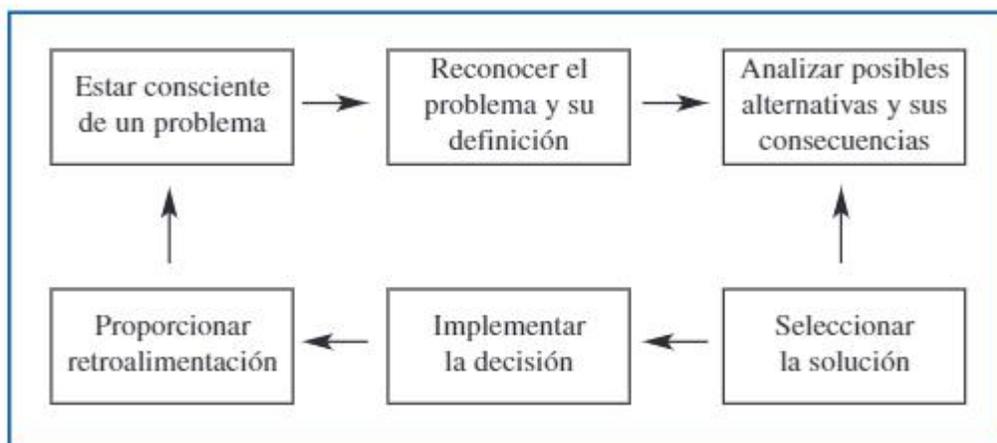
Los modelos de negocio son parte fundamental de las empresas, ya que estos funcionan como mecanismos que buscan que las empresas obtengan ingresos por medio de un esquema de representación que logra identificar como lograr la satisfacción de los clientes y sus necesidades, lo cual si se logra de la forma correcta se traducirá en beneficios para las empresas (Campos, 2010). Estos modelos de negocios son importantes para poder plasmar las ideas que los empresarios tienen con respecto al funcionamiento de sus empresas, porque

permiten clarificar cuales son los objetivos que se desean alcanzar y anticiparse a posibles contratiempos.

### 1.3 La toma de decisiones en la gerencia de un negocio.

En la toma de decisiones se debe escoger entre dos o más alternativas. Todas las personas tomamos decisiones todos los días de nuestra vida. Todas las decisiones siguen un proceso común, de tal manera que no hay diferencias en la toma de decisiones de tipo administrativo. Este proceso de decisión puede ser descrito mediante pasos que se aplican a todas las circunstancias en las que toman decisiones, sean estas simples o complejas. (Robbins, 1987).

Paul Moody (1983) describe este proceso como un circuito cerrado (Fig.1), que se inicia con la toma de conciencia sobre un problema, seguido de un reconocimiento del mismo y su definición. Debe ubicarse la existencia de un problema o una disparidad entre cierto estado deseado y la condición real; por ejemplo, si se calculan los gastos mensuales y se descubre que se gasta más de lo presupuestado, surge la necesidad de una decisión, ya que hay una disparidad entre el nivel de gasto deseado y el gasto real.



2 Figura 1. Circuito de la toma de decisiones (Moody 1983)

Una empresa, entendida como grupo humano, es resultado de múltiples tomas de decisiones (Coase, 1937). A partir de ellas la organización busca cumplir sus funciones básicas, define sus relaciones, sus roles, el estatus y el papel que desempeñan todos sus miembros de manera racional, con lo cual logra cumplir los objetivos y la razón de ser de la empresa (Anzola, 2003). Sin embargo, más allá del análisis del cómo, es importante hacer hincapié en que tales decisiones lleguen a ser efectivas y que generen los resultados óptimos para cumplir con los fines de la organización (Estrada, 2008). Por ello, el análisis de la toma de decisiones es una función sumamente importante por parte de la gerencia, pues esta tiene un impacto directo en el éxito o fracaso de las decisiones que se toman dentro de la organización (Tsang, 2004).

## **1.4 Rentabilidad empresarial.**

Se dice que una empresa es rentable cuando genera suficiente utilidad o beneficio, es decir, cuando sus ingresos son mayores que sus gastos, y la diferencia entre ellos es considerada como aceptable. (Sierra & Antezana, 2012).

La rentabilidad puede considerarse, a nivel general, como la capacidad o aptitud de la empresa para generar un excedente partiendo de un conjunto de inversiones efectuadas. Por lo tanto, se afirma que la rentabilidad es una concreción de un resultado obtenido a partir de cualquier tipo de actividad económica, ya sea de transformación, de producción o de intercambio, considerando que el excedente aparece en la parte final del intercambio (Lizcano y Castello, 2004).

### **2- Planteamiento del problema**

Existe Correlación entre un modelo de negocios y la toma de decisiones para la rentabilidad de las empresas en sectores rurales.

### **3- Objetivo de la Investigación**

Determinar la relación entre un modelo de negocios y la toma de decisiones para obtener una buena rentabilidad en empresas de sectores rurales.

### **4- Hipótesis de la Investigación**

Se define la hipótesis alternativa H1 o del investigador que es a el investigador desea demostrar que existe relación entre las variables de estudio, y la hipótesis nula Ho que determina que no existe relación entre las variables de estudio.

Por lo tanto, se explican a continuación:

**H1:** Existe relación entre la implementación de un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales en las empresas del sector rural.

**H0:** No existe relación entre la implementación de un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales en las empresas del sector rural.

### **5- Identificación de Variables**

**Variable Y:** El modelo de negocios, como estructura de análisis interno y externo, a través del cual se pueden tomar decisiones. Utilizando elementos que influyen en diseño de modelos de negocios.

**Variable X:** La toma de decisiones en ambientes rurales, a través de modelos de toma de decisiones y las características de análisis.

**Otras variables:** El mercado rural, como el punto de estudio social y cultural.

## 6- Modelo propuesto

El desarrollo de conocimientos de los conceptos a estudiar en esta investigación, está dirigida por opiniones recopiladas por los empresarios de los sectores rurales, y que a su vez se consideran indispensables para un mejor análisis del comportamiento de la rentabilidad de estos negocios. Enfocándonos principalmente en la correlación de las variables de toma de decisiones y el modelo de negocios, para presentar un modelo se debe realizar un análisis de los factores que inciden en el entorno de desarrollo de un negocio.

Para conocer el tipo de modelo que usan actualmente e implementar un modelo, nos basamos en las informaciones sobre la teoría de decisión.

El autor (Fernando Aguiar, 2004, pág. 139) explica que “la teoría de la decisión se ocupa de analizar cómo elige una persona aquella acción que, de entre un conjunto de acciones posibles, le conduce al mejor resultado dadas sus preferencias. Si debo invertir o no en bienes de equipo, qué carrera voy a estudiar, qué coche me compraré o, incluso, con quién debería casarme, son problemas muy comunes que nos afectan en nuestra vida cotidiana y a los que —en términos formales— se enfrenta la teoría de la decisión”.

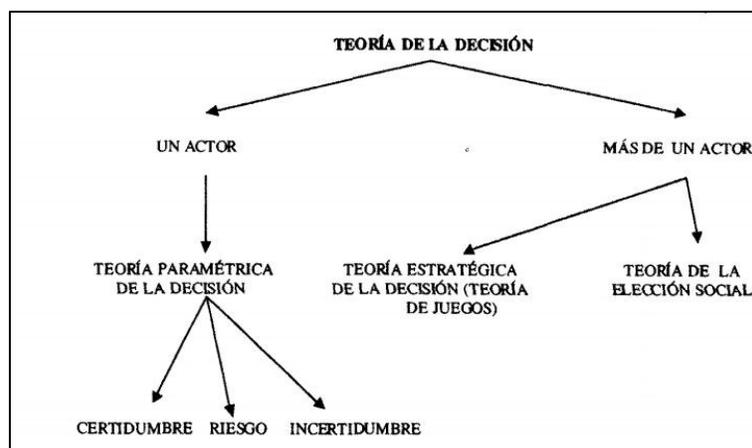
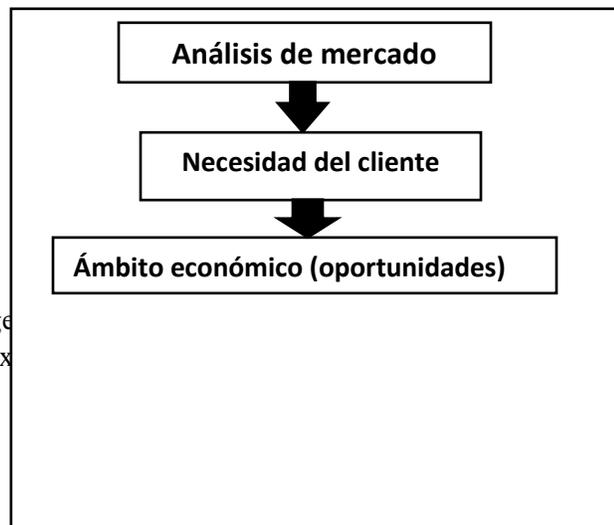
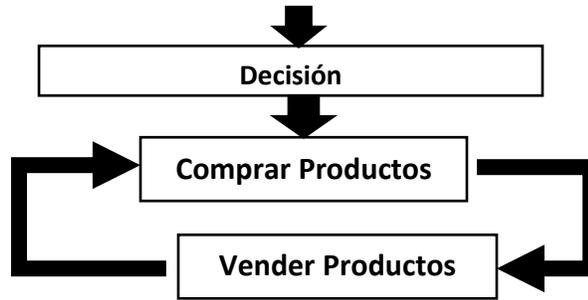


Figura 2: Panorama de la teoría de decisión (Fernando Aguiar, 2004)

Una vez analizadas las variables, y con los datos obtenidos por los empresarios diseñamos el modelo de negocio con el que actualmente se manejan.

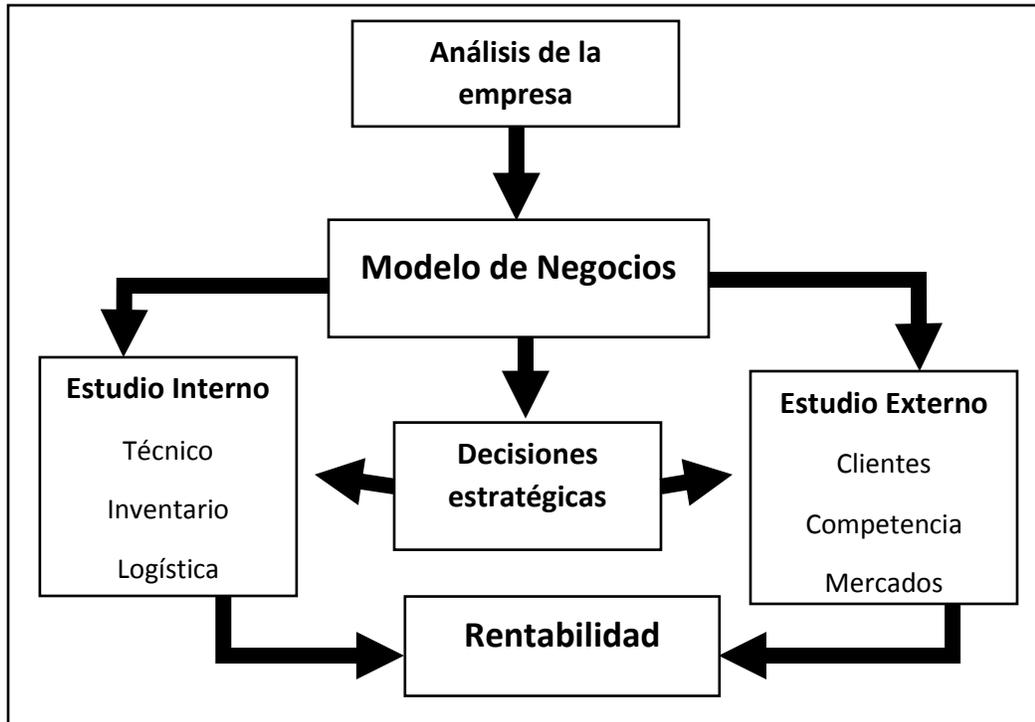




**Fuente: Elaboración propia (Cuadro N°1: Modelo actual de negocios)**

En el cuadro N°1 se puede observar el modelo actual que utilizan los empresarios de este sector rural, en donde comienzan con un análisis de mercado. Contemplando las necesidades del cliente y las oportunidades o si cuentan con el dinero para invertir, posteriormente toman una decisión que recae en la compra y venta de productos, como parte de un ciclo repetitivo del modelo.

El cuadro N.º 2, presenta un modelo para el análisis de las variables de estudios se propuso, siguiendo los parámetros de la teoría de la decisión, y a través de la hipótesis se demostrará la correlación de las variables y la importancia del mismo.



**Fuente: Elaboración propia (Cuadro N.º 2: Modelo propuesto)**

## 7- Población y selección de la muestra

Para la selección de la muestra, se tomo de referencia el análisis de muestreo probabilístico que según el autor (Rodrigo Pimienta Lastra, 2000, pág. 266) explica que "Las encuestas probabilísticas tienen por objeto estudiar los métodos para seleccionar y observar una parte que se considera representativa de la población, denominada muestra, con el fin de hacer inferencias sobre el total." La intención de la encuesta no es describir de manera particular a los individuos que formaron parte de la muestra, sino obtener un perfil estadístico de la población." (Rodrigo Pimienta Lastra, 2000, pág. 267)

Para la población a estudiar, nos centramos en 3 sectores rurales, Potrero Caña de Tole, Llano Limón, Tole y Los valles de Algarrobos de Dolega, Provincia de Chiriquí, Panamá. En donde se toma el de mayor cantidad de negocios para conocer su opinión personal sobre la implementación de un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales en la administración operativa de sus empresas.

A través de los datos obtenidos se realiza una media y promedio para explicar la importancia de estas herramientas de administración en estas empresas y proponer un modelo para responder a la problemática de rentabilidad.

Para conocer un poco de estas empresas se realizaron una serie de preguntas, la que se mostrarán en el siguiente cuadro, y se trato de respetar las opiniones como criterio de confiabilidad de algunos comerciantes, por lo que algunas empresas tendrán nombres ficticios.

| <b>CUADRO N.º 1: Lugares rurales y cantidad de negocios</b> |                            |
|---|----------------------------|
| <b>Lugar rural</b>  | <b>Negocios destacados</b> |
| Valle algarrobos, Dolega                                    | 5                          |
| Llano Limón, Tole   | 6                          |
| P. Caña, Tole   | 7                          |

**Fuente: Elaboración Propia**

Para analizar las variables se tomo como muestra el área con mayor numero de negocios, por ende, la muestra a estudiar es  $n= 7$

En el cuadro N.º 3 se muestran los nombres de los negocios entrevistados, el tiempo de cada uno en el mercado y el tipo de mercado.

### **CUADRO N.º 3: Modelos de negocios y toma de decisiones**

| N° | Nombre de La empresa          | Años | Tiempo de vida en el mercado | Tipo de mercado               |
|----|-------------------------------|------|------------------------------|-------------------------------|
| 1  | Abarrotería Julia             | 8    | 5-10 años                    | Comercialización de Productos |
| 2  | FINCA: La mano de DIOS        | 11   | 10 años +                    | Productos y servicios         |
| 3  | Tienda agrícola señor Facundo | 9    | 5-10 años                    | Productos agrícolas           |
| 4  | Nueva Visión (s.a)            | 3    | 1-5 años                     | Productos y servicios         |
| 5  | Cooperativa P. Caña           | 7    | 5-10 años                    | Comercialización de Productos |
| 6  | Restaurante Grumpy Bulldog    | 4    | 1-5 años                     | Productos Servicios           |
| 7  | Abarrotería Isaac             | 6    | 5-10 años                    | Comercialización de productos |

*Fuente: Elaboración propia*

### **8- Diseño y elaboración de instrumento de medición: encuesta**

Un diseño de recolección de datos para verificar la relación de los conceptos anteriormente explicados, se realiza a través de una encuesta de entrevistas a los emprendedores de este sector.

Los Autores (J. Casas Anguita, J.R. Repullo Labradora y J. Donado Campos, 2002, pág. 528) definen la encuesta como, una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características”.

El tipo de encuesta a realizar es la encuesta cualitativa para comprender a través de las experiencias de los empresarios como manejan el tema de modelos de negocios y la toma de decisiones estratégicas.

El autor (Alberto Quintana Peña ,2006, pag.53) explica que “el método de investigación cualitativa se inicia con un acercamiento previo a la realidad que va a ser objeto de análisis: Fase exploratoria, cuyo objetivo es documentar la realidad que se va a analizar y planificar el encuadre más adecuado para realizar la investigación, esta se realiza a través de dos acciones básicas: 1. Revisar toda la documentación existente y disponible sobre dicha realidad 2. Observar con antelación la realidad a investigar y, en ocasiones, entrevistar a "informantes clave”.

En el cuadro N.º 4 se plantea un método de evaluación de las preguntas formuladas, en donde los entrevistados elegían la alternativa que se adecuaban a su experiencia.

| Cuadro N.º 4 Sistema de evaluación |          |                         |
|------------------------------------|----------|-------------------------|
| Escala                             | Nivel    | Definición              |
| 1                                  | Nulo     | No hay aplicabilidad    |
| 2                                  | Baja     | Aplicabilidad baja      |
| 3                                  | Regular  | Aplicabilidad regular   |
| 4                                  | Buena    | Aplicabilidad buena     |
| 5                                  | Perfecto | Si hay aplicación total |

**Fuente: Elaboración propia**

El cuadro N.º 5 y 6, presentan las preguntas formuladas para el análisis de esta investigación.

| Cuadro N.º 5                            |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Preguntas: Modelo de Negocios           |  |  |   |
| 1- Implementación de estudio de mercado | 2- Implementación de un modelo de negocios | 3-Implementacion de alternativas frente a la crisis del COVID-19, con respecto a su experiencia. | 4- Aplicabilidad de los siguientes términos; Estudio de factibilidad, Análisis de Mercado, Estrategias de Ventas, Decisiones Gerenciales. |

**Fuente: Elaboración propia de la entrevista**

| Cuadro N.º 6   |
|--|
| Preguntas: Toma de decisiones  |
| 5- Ha considerado tomar la decisión de expandir su negocio a nuevos mercados, implementando un análisis detallado.                       |
| 6- ¿Aplica el análisis y toma de decisiones estratégicas para la venta y compra de productos?  |
| 7- ¿Al emprender, su decisión fue implementada referente a un análisis previo de las circunstancias del mercado?                         |
| 8- Aplica el proceso de toma de decisiones a problemas como: Problemas de Mercado, P. de inventario, P. de Logística, Problemas Técnico. |

**Fuente: Elaboración propia de la entrevista**

Instrumento de medición confiabilidad y validez.

La técnica de la encuesta en sí resulta neutra, lo que hay que tomar especiales recaudos en aspectos de rigurosidad metodológica, el cuidado en no caer en sesgos que incidan en los resultados tanto en la elaboración de las herramientas a utilizar y en la preparación de quienes la van a aplicar, y por último en el pasaje a lenguaje de máquina, procesamiento, y elaboración de los informes, todo esto contribuye a que sus resultados sean válidos y confiables.

Para los autores (Tania Lao Li1 & Rita Takakuwa, 2016, pág.66) “Uno de los requisitos esenciales que debe poseer cualquier instrumento de medición son la validez y la confiabilidad. Con la validez se determina la revisión de la presentación del contenido, el contraste de los indicadores con los ítems que miden las variables correspondientes, Se estima la validez como el hecho de que una prueba sea de tal manera concebida, elaborada y aplicada y que permita evaluar lo que se espera medir”.

La confiabilidad del instrumento utilizado se demostró a través del calculo del alfa de Cronbach.

Tal que la ecuación utilizada:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ \frac{1 - \sum s_i^2}{ST} \right]$$

| <b>Cuadro N°7: Confiabilidad del instrumento (Alfa de Cronbach)</b> |                                   |             |
|---|-----------------------------------|-------------|
| <b><math>\alpha =</math></b>  | Coeficiente de confiabilidad      | <b>0,91</b> |
| <b>K=</b>   | Números de ítems del cuestionario | 8,00        |
| $\sum_{i=1}^k S_i^2$  | Sumatoria de varianzas de ítems   | 9,102       |
| <b><math>St^2</math></b>  | Varianza total del instrumento    | 45,388      |

**Fuente: Elaboración propia**

En el cuadro N°7, se observa el coeficiente de confiabilidad, lo cual representa un valor muy confiable dentro del rango y con el que es fiable utilizar este instrumento.

El autor (Quero Virla, Milton, 2010, Pag 250) menciona a otros autores, que explican, “Para determinar el coeficiente Cronbach el investigador calcula la correlación de cada reactivo o ítem con cada uno de los otros, resultando una gran cantidad de coeficientes de correlación. El valor de es el promedio de todos los coeficientes de correlación (Cozby, 2005). Visto desde otra perspectiva, el coeficiente Cronbach puede considerarse como la media de todas las correlaciones de división por mitades posibles, otro método de cálculo de consistencia interna, las buenas junto las malas (Cohen y Swerdlik, 2001)”.

El cuadro N.º 8, muestra las preguntas o ítems y los puntajes para la evaluación de tales preguntas.

| <b>Cuadro N.º 8: Encuesta de preguntas e ítems</b> |  |         |   |   |   |   |
|--|--|---------|---|---|---|---|
| N.º  | Preguntas: Modelo de Negocios  | Puntaje |   |   |   |   |
|  |  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  | Implementación de estudio de mercado   |         |   |   |   |   |
| 2  | Implementación de un modelo de negocios  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3  | Implementación de alternativas frente a la crisis del COVID-19, con respecto a su experiencia.   | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4  | Aplicabilidad de los siguientes términos; Estudio de factibilidad, Análisis de Mercado, Estrategias de Ventas, Decisiones Gerenciales. | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| N.º  | Preguntas: Toma de decisiones  | Puntaje |   |   |   |   |
| 5  | Ha considerado tomar la decisión de expandir su negocio a nuevos mercados, implementando un análisis detallado.                        | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6  | ¿Aplica el análisis y toma de decisiones estratégicas para la venta y compra de productos  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7  | ¿Al emprender, su decisión fue implementada referente a un análisis previo de las circunstancias del mercado?                          | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8  | Aplica el proceso de toma de decisiones a problemas como: Problemas de Mercado, P. de inventario, P. de Logística, Problemas Técnico.  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |

**Fuente: Elaboración propia**

## **RESULTADOS**

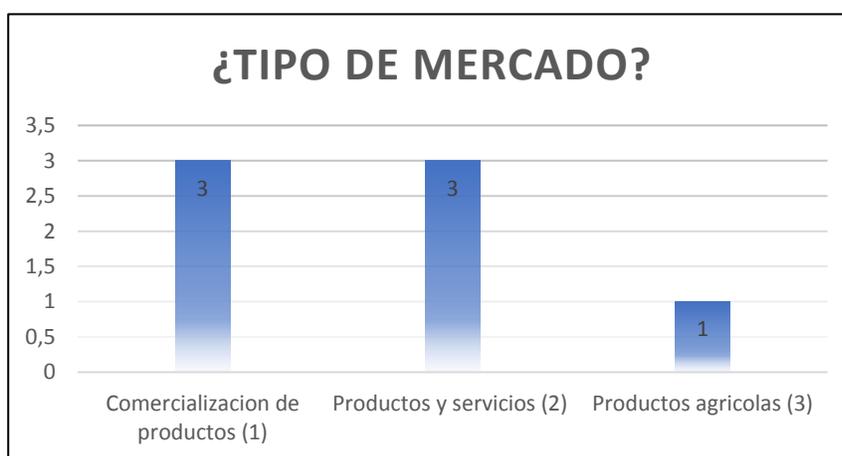
## 1- Resultados de variables estudiadas

En esta sección de la investigación, sigue una secuencia y proporciona respuestas a las preguntas, hipótesis que se investigó.

Se presenta como primer punto en el cuadro N°9 los datos y la gráfica de los negocios entrevistados y el tipo de mercado en el que se desempeñan, ya que nos da un vistazo de porque es esencial la implementación de un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales.

| <b>Cuadro N.º 9: Resultados tipo de mercados</b> |   |
|--|---|
| ¿Tipo de Mercado?                                |   |
| Comercialización de productos (1)                | 3 |
| Productos y servicios (2)                        | 3 |

**Fuente: Elaboración propia**



**Fuente: Elaboración Propia (Grafica N°1: Tipo de mercado).**

En el cuadro N°10, Se muestran los valores obtenidos sobre las variables de estudio, en donde a partir de estos se pueden relacionar las variables y describir la importancia de su implementación en estos negocios.

| <b>Cuadro N.º 10</b> | Ítems |
|----------------------|-------|
|----------------------|-------|

| ENCUESTADOS                      | 1 | 2 | 3 | 4 | total,<br>MODELO<br>DE<br>NEGOCIO<br>S | 5 | 6 | 7 | 8 | Total, Toma de<br>decisiones |
|----------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|------------------------------|
| Abarrotería Julia                | 2 | 2 | 1 | 3 | <b>8</b>                               | 1 | 4 | 4 | 3 | <b>12</b>                    |
| FINCA: La mano de<br>DIOS        | 5 | 2 | 4 | 4 | <b>15</b>                              | 5 | 5 | 4 | 5 | <b>19</b>                    |
| Tienda agrícola señor<br>Facundo | 3 | 2 | 1 | 3 | <b>9</b>                               | 2 | 4 | 4 | 4 | <b>14</b>                    |
| Nueva Visión (s.a)               | 4 | 2 | 5 | 4 | <b>15</b>                              | 5 | 5 | 4 | 4 | <b>18</b>                    |
| Cooperativa P. Caña              | 2 | 2 | 1 | 3 | <b>8</b>                               | 3 | 4 | 4 | 4 | <b>15</b>                    |
| Grumpy Bulldog                   | 5 | 5 | 4 | 5 | <b>19</b>                              | 5 | 5 | 5 | 5 | <b>20</b>                    |
| Abarrotería Isaac                | 4 | 4 | 4 | 4 | <b>16</b>                              | 4 | 4 | 5 | 5 | <b>18</b>                    |

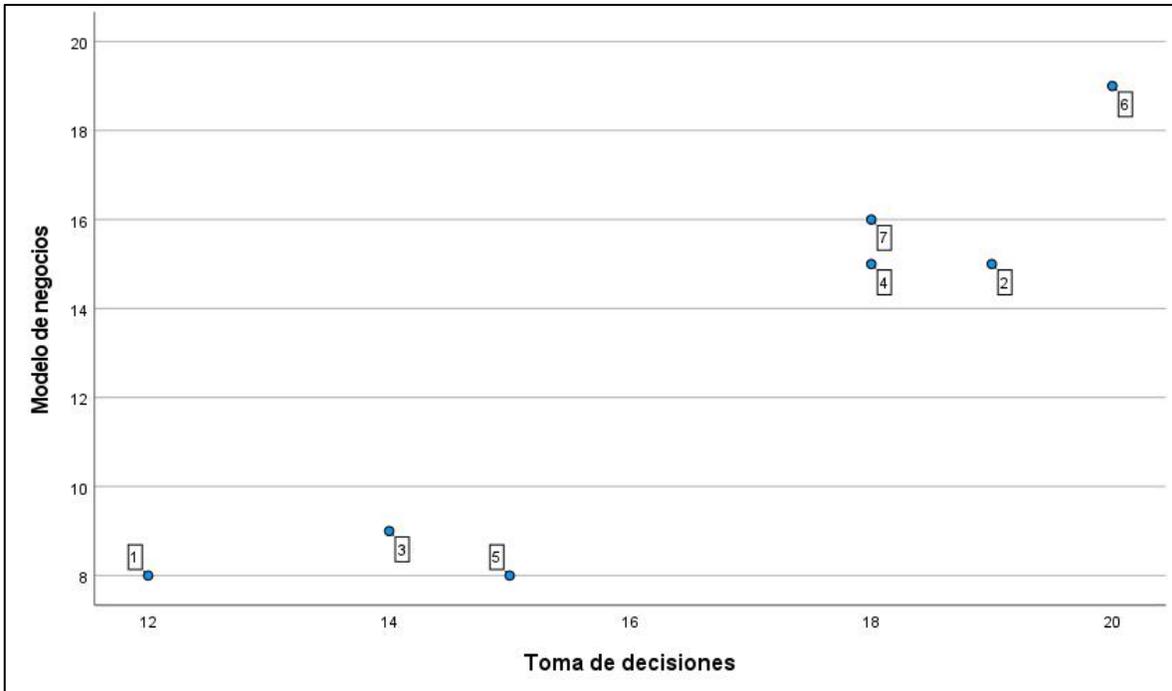
**Fuente: Elaboración propia**

## 2- Grafica de dispersión

El diagrama de dispersión es la herramienta gráfica más usada, sencilla y potente para analizar la relación que puede existir entre dos variables.

Según el autor (Estepa Castro, Antonio, 2008, pág. 26) “Un diagrama de dispersión nos sugiere la manera en que se relacionan las dos variables, es decir, si la relación es lineal, cuadrática o de otro tipo. Esto nos da una buena visión de conjunto de la relación entre las dos variables, y nos ayuda a la interpretación de los coeficientes de correlación o el modelo de regresión”

El diagrama de dispersión nos muestra el comportamiento de las variables que se estudian.



**Fuente: Resultados del SPSS (Grafica N.º 2 – Diagrama de dispersión)**

### 3- Correlación de Pearson

Los autores (Luis F Restrepo, Julián González, 2007, pág. 3) menciona que el “Coeficiente de correlación, mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias. Tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariado conjunta”.

| <b>Cuadro N.º 11 Coeficiente de correlación de Pearson</b> |                        |                    |                    |
|--|------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Correlaciones</b>                                       |                        |                    |                    |
|  |                        | Toma de decisiones | Modelo de negocios |
| Toma de decisiones<br>(X)                                  | Correlación de Pearson | 1                  | ,938**             |
|  | Sig. (bilateral)       |                    | ,002               |
|  | N                      | 7                  | 7                  |
| Modelo de negocios<br>(Y)                                  | Correlación de Pearson | ,938**             | 1                  |
|  | Sig. (bilateral)       | ,002               |                    |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | N | 7 | 7 |
| **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). |   |   |   |

**Fuente: SPSS**

| <b>Cuadro N.º 12 Leyenda Coeficiente correlación</b> |                              |
|--|------------------------------|
| $r = -1$   | Correlación inversa perfecta |
| $-1 < r < 0$   | Correlación inversa          |
| $r = 0$  | No hay correlación           |
| $0 < r < 1$  | Correlación directa          |
| $r = 1$  | Correlación directa perfecta |

**Fuente: Elaboración propia**

Como podemos observar en el cuadro N.º 11 se presentan los resultados de la correlación de Pearson de las dos variables de estudio toma de decisiones y modelo de negocio y se interpreta así: El valor obtenido en variable (Y) con la variable (X) tienen un valor de correlación de Pearson de 0.938, lo cual indica una correlación directa entre las variables. Cabe destacar que el software SPSS nos señala con asterisco doble, cuando el P-valor está por debajo de 0,01 que corresponde a 1% del nivel de significancia en el caso de esta investigación el nivel es 5% o 0.05.

| <b>Cuadro N° 12 Probar las hipótesis según la correlación de Pearson</b> |                                |   |
|--|--------------------------------|---|
| 1-   | <b>Hipótesis</b>               | <b>H1:</b> Existe Correlación entre la implementación de un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales en las empresas del sector rural.<br><b>H0:</b> No existe Correlación entre la implementación de un modelo de negocios y la toma de decisiones gerenciales en las empresas del sector rural. |
| 2-   | <b>Significancia:<br/>Alfa</b> | 0,05 = 5%   |
| 3-   | <b>P= Valor</b>                | P= menor a 0,01   |
| 4-   | <b>Decisión</b>                | Si $P < \text{Alfa}$ entonces se puede aceptar H1 de lo contrario se acepta H0.<br>$0,00 < 0,05$ por lo tanto se acepta la hipótesis H1.  |
| 5-   | <b>Conclusión</b>              | Se acepta la hipótesis, y se rechaza la hipótesis nula.   |

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo al cuadro N.º 12, se demuestra que aplicando la correlación de Pearson si hay correlación entre las variables de estudios, y es importante su implementación como herramientas para obtener mejor rentabilidad, en los negocios de sectores rurales.

#### **4- Gráfico de regresión Lineal**

Juan M.- Astorga Gómez (2014). “Los modelos de regresión lineal son ampliamente usados en la ingeniería ya que sirven para analizar el comportamiento de las variables de entrada (o regresora) y salida (o respuesta) estableciendo predicciones y estimaciones. En este trabajo la variable regresora (X) corresponde a la Toma de decisiones y la variable de respuesta(Y) corresponde a Modelo de Negocios “(pág. 235).

Como se ha demostrado que existe una correlación entre las variables se estudió, el cuadro N.º 13, Muestran los datos de una gráfica de regresión lineal.

| <b>Cuadro N.º 13 Coeficientes, Regresión Lineal</b> |                                |             |                             |      |        |      |
|---|--------------------------------|-------------|-----------------------------|------|--------|------|
| Modelo  | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados | t    | Sig.   |      |
|   | B                              | Desv. Error | Beta                        |      |        |      |
| 1   | (Constante)                    | -10,718     | 3,934                       |      | -2,725 | ,042 |
|   | Toma de decisiones             | 1,423       | ,234                        | ,938 | 6,073  | ,002 |

a. Variable dependiente: Modelo de negocios

**Fuente: SPSS**

La ecuación de regresión lineal es:

$$Y = a + b (X)$$

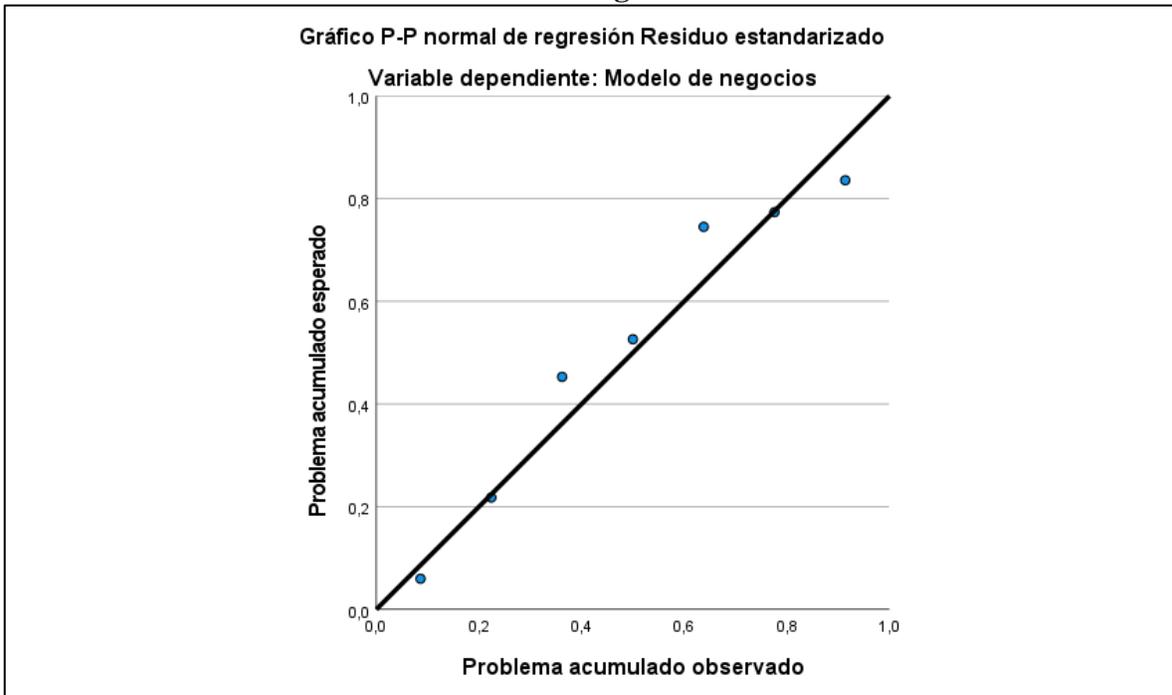
En donde en base a nuestros datos reemplazamos:

$$Y = -10,718 + 1,423(X)$$

Podemos observar que la toma de decisiones es igual a -10,718 mas 1,423 veces la variable de toma de decisiones, para mejorar la variable Y que es la toma de decisiones.

A continuación, en la Grafica N.º 3, se muestran los datos de ambas variables en la gráfica de regresión lineal, la cual muestra una correlacion directamente proporcional de la variable (y) con respecto a la variable (x).

### Grafica N.º 3: Regresión lineal



Fuente: SPSS

## CONCLUSIONES

1. El modelo de negocio se puede considerar como una fuente de ventaja competitiva en la empresa, ya que si el modelo está correctamente definido puede ser la clave del éxito en la organización. Además, si éste se revisa e incluso se mejora puede crear valor adicional a la gestión y desarrollo empresarial.
2. La toma de decisiones gerenciales juega un papel fundamental en la actualidad. Cada empresa se enfrenta a un entorno global muy cambiante, con clientes cada vez más exigentes. Por lo tanto, es necesario observar los problemas desde distintos enfoques para así poder adoptar una estructura flexible que permita actuar con rapidez frente a la situación que se está viviendo en la actualidad.
3. Se demostró la hipótesis H1, como la afirmativa en el estudio de esta investigación, ya que, si se relacionan la toma de decisiones con el modelo económico, dado que las decisiones influyen positivamente en el modelo de negocios que las empresas pueden crear, diseñara y generar.
4. Se presenta un modelo en donde influyen ambas variables, y su aplicabilidad en los negocios emergentes de áreas rurales, para mejorar y obtener una buena rentabilidad, y a través del estudio de correlación se demostró, que es esencial implementar la toma de decisiones estratégicas ya que esta le dará al empresario una visión del diseño de modelo que podría elaborar.
5. Cada día hay mayor consenso en que las empresas rurales y la diversificación hacia actividades orientadas al mercado y que generen ingresos son un instrumento para mejorar los medios de vida y la seguridad alimentaria. La cuestión no es si participar o no en la economía de mercado, sino cómo hacerlo de modo que se produzca un incremento en los ingresos equitativo y sostenible y en condiciones laborales justas. Bajo el estudio de investigación se quiso demostrar que para optar por una buena rentabilidad estas empresas deben implantar un modelo de negocios, basados en decisiones estratégicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Magretta J. 2002. Why Business Models Matter. Harvard business review 80: 86-92.
- Amit R, Zott C. 2001. Value Creation in E-Business. Value Creation in E-Business. Strategic Management Journal 22: 493- 520.
- Schumpeter, J. A. (1989). Economic theory and entrepreneurial history. Cambridge: Harvard University Press.
- Chesbrough H, Rosenbloom RS. 2002. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. Industrial & Corporate Change 11: 529-555.
- Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves (2010). Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers and Challengers, John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. 288p.
- Márquez, J. F. (2010). Innovación en modelos de negocio: la metodología de Osterwalder en la práctica. MBA EAFIT. (1), pp. 30-47.
- Zott, C. & Amit, R. (2005). Business model design and the performance of entrepreneurial firms. INSEAD: Wharton University of Pennsylvania.
- Rodríguez, E. M. (2014). El Modelo de Negocio como base del éxito empresarial: una revisión teórica (tesis de grado, UNIVERSIDAD DE ALMERÍA). [http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3662/3537\\_EL%20MODELO%20DE%20NEGOCIO%20COMO%20BASE%20DEL%20EXITO%20EMPRESARIA-L-UNA%20REVISION%20TEORICA%20.pdf?sequence=1](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3662/3537_EL%20MODELO%20DE%20NEGOCIO%20COMO%20BASE%20DEL%20EXITO%20EMPRESARIA-L-UNA%20REVISION%20TEORICA%20.pdf?sequence=1)
- Campos, F. (2010). Las Empresas de Medios de comunicación revisan y a Amplían sus Modelos de negocio. Obtenido de <http://www.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=199516111023>
- Coase, R. (1937). The nature of the firm. Economica, 4 (16), 386-405.
- Anzola, O. L. (2003). La influencia de lo religioso en la vida y la cultura corporativa. Cuadernos de Administración, 26, 129-160.
- Estrada, F. (2008). Economía y racionalidad de las organizaciones. Los aportes de Herbert A. Simon. Revista de Estudios Sociales, 31, 84-102.
- Tsang, E. W. (2004). Superstition and decision-making: Contradiction or complement? Academy of Management Executive, 18 (4), 92-104.
- Moody, Paul E. Decision making: methods for better decisions. New York. Mc. Graw-Hill. 1983.

Robbins, Stephen. Administración teórica y práctica. Prentice-Hall Hispanoamérica S.A. México. 1987.

Lizcano J. y Castello E. (2004). *Rentabilidad empresarial, propuesta practica de análisis y evaluación*. Madrid: Cámaras de Comercio, Servicios de Estudios.

Sierra, L., & Antezana, J. (2012). "LA CALIDAD DE SERVICIO Y SU INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR Y LA RENTABILIDAD EMPRESARIAL DE LOS MINI MARKETS DE LA PROVINCIA DE ABANCAY\_2oto." (Licenciado en Administración de Empresas). UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DEAPURIMAC.

Pimienta Lastra, Rodrigo (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas Política y Cultura, núm. 13, 2000, pp. 263-276 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco Distrito Federal, México.

J. Casas Anguita, J.R. Repullo Labradora y J. Donado Campos, (2002). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). a Departamento de Planificación y Economía de la Salud. Escuela Nacional de Sanidad. ISCIII. Madrid. España. Aten Primaria 2003;31(8):527-38.

Chesbrough H, Rosenbloom RS. 2002. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial & Corporate Change* 11: 529-555

Al-Debei, M. M., El-Haddadeh, R., & Avison, D. (14th-17th de august de 2008). Defining the Business Model in the New World of Digital Business. Proceedings of the Fourteenth Americas Conference on Information Systems, 1-11.

Jairo Amaya, (2004). Toma de decisiones Gerenciales. Métodos cuantativos para la administración. Universidad Santo Tomas, Bucaramanga, Colombia.  
<https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=ETpVIKJxWEC&oi=fnd&pg=PA3&dq=la+toma+de+decisiones+gerenciales+articulo+cientifico&ots=zveL4Y56BT&sig=mPuBlOVIidypenjvfs0HYwIcw#v=onepage&q=la%20toma%20de%20decisiones%20gerenciales%20articulo%20cientifico&f=false>.

Carlos L. Escudero S, Liliana A. Cortez S, 2017. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. ISBN: 978-9942-24-092-7. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Publicación digital.

Fernando Aguiar, 2004. Teoría de la decisión e incertidumbre: Modelos normativos y descriptivos. [faguiar@iesaa.csic.es](mailto:faguiar@iesaa.csic.es). <http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:Empiria-2004-BA384079-87D3-BD53-AED2-BCE23A58A02C/Documento.pdf>.

- Quintana, A. y Montgomery, W. (Eds.) (2006). *Psicología: Tópicos de actualidad*. Lima: UNMSM.
- Tania Lao Li1 & Rita Takakuwa, 2016. Análisis de confiabilidad y validez de un instrumento de medición de la sociedad del conocimiento y su dependencia en las tecnologías de la información y comunicación. *RIC* · Vol. 2- N. ° 2. Corresponding author: [rita.arauz@utp.ac.pa](mailto:rita.arauz@utp.ac.pa).
- Quero Virla, Milton (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach Telos, vol. 12, núm. 2, pp. 248-252 Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín Maracaibo, Venezuela.
- Estepa Castro, Antonio (2008). Interpretación de los diagramas de dispersión por estudiantes de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 2008, 26(2), 257–270 Universidad de Jaén. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias. Campus de las Lagunillas, Jaén [aestepa@ujaen.es](mailto:aestepa@ujaen.es)
- Luis F Restrepo, Julián González, 2007. *Selecciones de Pearson a Spearman*. Grupo Grica, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Manizales, Colombia. *Rev Colom Cien Pecua* vol.20 no.2 Medellín Apr. /June 2007
- Astorga Gómez, Juan M. (2014). Aplicación de modelos de regresión lineal para determinar las armónicas de tensión y corriente *Ingeniería Energética*, vol. XXXV, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 234-241 Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría La Habana, Cuba.



**LA IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA  
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

**THE IMPORTANCE OF THE INDUSTRIAL SAFETY IN THE  
PREVENTION OF RISKS WORK**

Fernando Blanco Silva

Universidad de Panamá

fernando.blanco.silva@xunta.es

ORCID.ORG/ 0000-0002-4439-3649

Oriol Sarmiento Díez

Instituto Iberoamericano de Ingenieros de la Energía

oriol@3iedinamo.com

ORCID.ORG/ 0000-0002-4376-273X

Recibido:6/5/2021 Aceptado: 20/10/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

**RESUMEN**

La prevención de riesgos laborales es una disciplina transversal en el mundo de la empresa, que abarca diferentes temáticas, desde la tecnología y las ciencias tradicionales (química, biología, farmacia) hasta la gestión empresarial o jurídica, por lo que no es posible situarla en ninguno de los ámbitos clásicos de la enseñanza universitaria (científico, sanitario, tecnológico, sociojurídico o humanidades).

Este artículo describe el concepto y alcance de la prevención de riesgos laborales y su función de minimizar los accidentes laborales y enfermedades profesionales, y a

continuación su relación con la seguridad industrial. El artículo establece la relación de la seguridad industrial con el ámbito de la prevención de riesgos, y destaca que la aplicación de la normativa del sector industrial, que en España está regulado por la Ley 21/1992 de Industria y las normas que la desarrollan en el ámbito eléctrico, instalaciones térmicas, instalaciones de gas natural o petrolíferas...

Palabras clave: Prevención de riesgos laborales, seguridad industrial, ingeniería industrial, accidente de trabajo y enfermedad laboral.

#### ABSTRACT

Labour risk prevention is a transversal discipline in the business, which covers different topics, from technology and traditional sciences (chemistry, biology, pharmacy) to business or legal management, so it is not possible to place it in none of the classic fields of university education (scientific, health, technological, socio-legal or humanities).

This paper describes the concept and scope of labour risk prevention and its role to minimize the accidents and occupational diseases, followed by its relationship with industrial safety. The paper establishes the relationship between industrial safety and the field of risk prevention, and highlights that the application of the regulations of the industrial sector, which in Spain is regulated by Law 21/1992 of Industry and the regulations that develop it in the electrical field, thermal installations, natural gas or oil installations...

Keywords: Occupational risk prevention, industrial safety, industrial engineering, work accident and occupational disease.

## **INTRODUCCIÓN**

### **LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES CONTENIDOS Y FUNCIONES**

El artículo 4 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (Ley de PRL en lo sucesivo) define esta disciplina como “el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de la actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo”, estos riesgos a su vez pueden provocar la generación de enfermedades laborales o accidentes dentro del entorno del trabajo.

El presente artículo analiza la puesta en marcha de esta Ley 31/1995 y en particular la relación que tiene con la seguridad industrial, ya que siendo disciplinas distintas tienen muchos puntos en común. La aprobación de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales aborda por primera vez la prevención de forma global en España, y establece el marco jurídico de referencia en este ámbito y que ha supuesto unos excepcionales resultados en cuanto a la implantación de la cultura preventiva en la empresa y en general en toda la sociedad española, que podemos caracterizar como modélica.

En España la legislación para evitar los riesgos laborales tiene un largo recorrido; a finales del siglo XIX el Ministro de Gobernación del Gobierno de España, Eduardo Dato ya se propone dignificar el trabajo de las personas, aprobando la Ley de 30 de enero de 1900 acerca de los accidentes de trabajo, así como la Ley de 13 de marzo de 1900, reguladora de las condiciones de trabajo de mujeres y niños (García González, 2015). Estas dos leyes eran un claro ejemplo del “intervencionismo legislativo por el que Dato pretendía establecer un suelo mínimo de Derecho necesario para, a continuación, apostar por la vía de la concertación social” (Arrieta Idiákez, 2020).

A lo largo del siglo XX las condiciones laborales de la población eran precarias, siendo muy abundantes los accidentes de trabajo y enfermedades laborales, siendo escasa la protección de los trabajadores. La norma jurídica existente a finales del siglo XX era la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 1971. Según González Ortega esta Ordenanza “se traduce en una tutela defensiva —tiende, solamente, al rechazo

o la supresión de los actos o circunstancias que pueden dar lugar a lesiones a la salud o la integridad del trabajador o a su desaparición como ser vivo—, negativa —busca exclusivamente la no producción del daño y se limita a exigir una conducta de abstención por parte del empresario— y conservadora —parte de un determinado nivel mínimo de salud a cuyo simple mantenimiento dirige todos sus esfuerzos (González Ortega, 1979). Esta Ordenanza es una norma insuficiente, difusa y que además no estaba actualizada, siendo en muchos casos necesarios recurrir a la legislación laboral o civil para resolver incidencias jurídicas.

La Ley 31/1995 regula por primera vez de forma global la prevención de riesgos laborales, siendo muchas las novedades que introduce, la característica que la define es que promueve la implantación de la cultura preventiva dentro de la sociedad española obligando a que todas las empresas dispongan de unos recursos humanos y materiales suficientes para garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores, así como que exige la existencia de un plan de prevención de riesgos que evite la existencia de accidentes laborales y enfermedades profesionales (Cortés Díaz, 2018).

Respecto a las implicaciones legales debemos citar que la Ley localiza claramente en el empleador (empresario o administración pública) la responsabilidad de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Además de la definición de prevención que establece el artículo 4 otras definiciones importantes establecidas por la Ley 31/1995 son el riesgo laboral (posibilidad de que un trabajador sufre un daño derivado del trabajo), equipo de trabajo (cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo) o el equipo de protección individual (cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo). Es importante decir que la Ley 31/1995 no incluye las definiciones de accidente de trabajo o de enfermedad profesional porque éstas pertenecen al ámbito de la Ley General de la Seguridad Social (Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social), con la que también está íntimamente relacionada.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La redacción del presente artículo se basa en la combinación de un análisis bibliográfico, de la normativa existente (tanto en el ámbito de la seguridad industrial como en el de la prevención de riesgos) así como de la experiencia de los autores en el ámbito de la seguridad industrial y de la prevención de riesgos a lo largo de los últimos quince años. Es importante citar que aunque la prevención de riesgos es una disciplina con amplio recorrido histórico en España la bibliografía disponible es escasa, siendo probablemente el motivo principal que no se vincula a un área académica determinada sino que es una disciplina transversal, lo que supone que se dedican menos recursos a la investigación que para otros temas más asentados.

La presencia de la seguridad industrial en el ámbito de la prevención es muy importante, tanto desde el punto de la elaboración de la normativa como del desempeño profesional de los ingenieros industriales, aunque ésta no ha alcanzado la relevancia académica merecida. Realizando una búsqueda de la bibliografía sólo encontramos un trabajo científico que lo aborda de forma directa, redactado por Ignacio García Delgado y José Vicente Maeso Escudero, presentado en el IX Congreso de Ingeniería de Organización en 2005, un trabajo muy interesante pero que debe ser actualizado a las variaciones acontecidas a lo largo de los últimos años. En la citada ponencia se centra en el papel del ingeniero industrial como técnico en PRL, aunque la relación es mucho más amplia (García Delgado, Maeso Escudero, 2005).

## **RESULTADOS: LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

La Ley 31/1995 establece un marco jurídico general, que posteriormente fue completado por múltiples reales decretos y otra normativa de menor entidad. En el ámbito de este artículo destacamos el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico o el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción; además hay otros reales decretos que regulan aspectos generales (condiciones de los lugares de trabajo, señalización, manejo de cargas, equipos de protección individual,

coordinación de actividades empresariales...) o particulares de un sector especialmente sensible (minería, pesca.)<sup>1</sup>.

El Real Decreto 39/1997 es de aplicación general (es el único Reglamento que desarrolla de forma integral toda la Ley 31/1995) mientras que el Real Decreto 1627/1997 o Real Decreto 614/2001 son documentos específicos que se limita al ámbito de la PRL en las obras de construcción y en evitar el riesgo eléctrico. Es importante citar que la regulación de la electricidad o construcción tienen doble tratamiento jurídico, por un lado la propia del sector (Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Educación o Real Decreto 842, de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) así como reales decretos específicos del ámbito de la prevención que abordan estos dos temas.

En general la prevención de riesgos es una disciplina que busca las mejores condiciones de salud de las personas, dejando atrás el tradicional significado de salud como ausencia de enfermedad y avanzando hacia una triple concepción fisiológica (ausencia de enfermedades), psicológica (de las percepciones) y social (de las relaciones, de los grupos, de los factores generacionales), (Rubio Romero, 2005). Para esto es necesario que el profesional de la prevención “analice y evalúe estas modificaciones, mediante técnicas precisas, así como determinar sus efectos sobre la salud, para poder definir las medidas preventivas idóneas” (Gómez, 2017).

La prevención de riesgos busca garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, en tres líneas fundamentales, evitar accidentes laborales, evitar las enfermedades profesionales

---

<sup>1</sup> En desarrollo de la Ley 31/1995 se han aprobado diferentes reales decretos para completar la regulación en PRL, que analizan temas como la señalización (Real Decreto 485/1997), condiciones laborales (Real Decreto 486/1997), manipulación de cargas y esfuerzos dorsolumbares (Real Decreto 487/1995), pantallas de visualización (Real Decreto 488/1997), equipos de protección individual (Real Decreto 773/1997), equipos de trabajo (Real Decreto 1215/1997), prevención en el ámbito de la pesca (Real Decreto 1216/1997), actividades mineras (Real Decreto 1389/1997), ámbito militar (Ley 1932/1997), riesgo eléctrico (Real Decreto 614/1997), coordinación de empresas en un centro de trabajo (Real Decreto 171/2004).

y además buscar las mejores condiciones posibles para el desempeño laboral. De forma general estas tres líneas de actuación se corresponden con tres especialidades de la P.R.L., denominadas seguridad, higiene industrial y finalmente ergonomía y psicología aplicada. Además, existe una cuarta especialidad denominada medicina del trabajo, que está dirigida a los licenciados en medicina. Se puede comprobar la amplitud del concepto de prevención de riesgos, debido a que estas cuatro especialidades son muy distintas entre sí, por lo que la normativa que regula la PRL será muy extensa, ya que es necesario disponer de conocimientos básicos de las cuatro especialidades.

Aunque antes de la aprobación de la Ley 31/1995 existían profesionales que ya trabajaban en el mundo de la prevención esta ley crea una nueva profesión, el prevencionista, que será aquel puesto de trabajo que debe garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en el mundo de la empresa. En el desempeño laboral el prevencionista a grandes rasgos realiza tres funciones distintas, por un lado está el que se dedica exclusivamente a la prevención (en empresas del sector especializadas o en departamentos específicos en las grandes empresas), otro caso típico es el de un profesional en la empresa que realiza funciones directivas o de gestión, y que entre ellas está el papel de apoyo a empresas externas (recopilar información, supervisar que se han tomado las medidas recomendadas por los prevencionistas, confeccionar procedimientos en prevención, ser delegado de prevención...) y finalmente estaría un profesional en la pequeña y mediana empresa que comparte las funciones del ámbito de la prevención con otras disciplinas afines como son la gestión de la calidad o la gestión ambiental (Ulloa-Enríquez, 2012), (Rodríguez et al, 2018).

El Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención define tres niveles formativos del ámbito de la prevención, que son el curso básico (de tipo divulgativo), el técnico intermedio (de nivel preuniversitario) y el técnico superior (formación postuniversitaria); el prevencionista se correspondería al técnico superior, mientras que el técnico intermedio sería un auxiliar de éste y la formación básica será de tipo divulgativa. El técnico superior es un profesional que ha cursado previamente una carrera universitaria, y que posteriormente debe cursar los estudios para ser técnico superior; inicialmente tanto los centros de formación

homologados como universidades podían impartir los títulos de técnico superior e intermedio previa autorización de la administración laboral competente (las consejerías de las comunidades autónomas); no obstante a partir de 2011 la formación específica en P.R.L. pasa a formar parte de la formación reglada en España, el título de técnico intermedio se obtiene después de completar un ciclo formativo de grado superior mientras que la formación de técnico superior pasa a ser un Máster Universitario de Postgrado, adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior, siendo ambos títulos (técnico superior y técnico intermedio) regulados por el Ministerio de Universidades (y no por las comunidades autónomas como hasta ese momento).

El Máster Universitario en PRL tiene una duración total de 60 créditos ECTS (equivalente a 600 horas lectivas presenciales). Existen diferentes planes de estudios aunque a grandes rasgos se compone de tres módulos troncales (uno con los contenidos teóricos de 400 horas, prácticas académicas por 40 horas y un trabajo del Máster de 60 horas) y un módulo específico de cada especialidad de 100 horas lectiva, que el alumno debe completar (Universitat Oberta de Catalunya; 2022). Habitualmente el alumno suele completar las tres especialidades siendo la duración total de su formación académica de unas 800 horas lectivas. Por su carácter multidisciplinar esta formación no está adscrita a un área temática o departamento fijo, sino que depende de la universidad que la imparte; por ejemplo en la Universitat Oberta de Catalunya se incluye entre los estudios de Economía y Empresa (UOC, 2022), en la UNED es impartido en la Facultad de Psicología (Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2022) mientras que en la de Cádiz se adscribe a la Escuela de Ingeniería (Universidad de Cádiz, 2022). En todos estos casos los profesores son de diferentes orígenes según los contenidos explicados, desde ingenieros industriales a abogados, médicos, científicos o psicólogos.

En España existen cinco grandes bloques temáticos de titulaciones universitarias como son las ciencias aplicadas, biosanitaria, ingeniería y arquitectura, ciencias sociales y jurídicas y las humanidades; la profesión de prevencionista es probablemente la única que no puede incluirse en ninguna de ellas porque tiene componente de todas, y esto da lugar a que se trata de una profesión totalmente transversal. Por ejemplo García Benavides para redactar su libro *Salud Laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos*

*laborales* indica que ha conseguido “un balance adecuado entre especialistas de diferentes disciplinas (médicos, químicos, ingenieros, sociólogos, juristas, psicólogos, economistas, etc.), y de diferentes ámbitos profesionales (universidades, administraciones, empresas, etc.), representativos del escenario actual de la seguridad y la salud en el trabajo en nuestro país” (García Benavides et al, 1997).

Para cursar el Master en PRL sólo se exige que el alumno disponga de una titulación universitaria superior, no existiendo un requisito especial de acceso, así podemos encontrar alumnos con perfiles técnicos (ingenieros o arquitectos), científicos (graduados en química, física, biología, farmacéuticos...), sanitarios (médicos, farmacéuticos, enfermeros...) o jurídicos (titulados en derecho, economía o administración de empresas); evidentemente hay titulados que no suele cursar la titulación como los graduados en humanidades (filólogos, historiadores, geógrafos, bellas artes...) aunque no existe ningún impedimento que les impida cursar el máster.

En España existen dos titulaciones que están directamente relacionadas con el ámbito de la seguridad industrial, que son el ingeniero industrial e ingeniero técnico industrial. Estos dos perfiles se correspondían respectivamente a la titulación generalista de ciclo largo (cinco años) y a la de especialista de tres años, aunque la implantación de los nuevos títulos del Marco Europeo de la Educación Superior (Bolonia) ha modificado estos perfiles, siendo especialmente importante el papel del ingeniero industrial en la especialidad de seguridad (García Delgado, Maeso Escudero, 2005). La especialidad de seguridad busca minimizar los accidentes laborales, siendo el primer paso evitar todos los riesgos posibles, y en el caso de los riesgos que no se han podido suprimir el prevencionista deberá realizar una planificación general de la organización del trabajo, adoptando las medidas que garanticen la seguridad del trabajador y priorizando las medidas colectivas sobre las individuales. Para esto además de las materias de organización industrial que forman parte de la titulación académica de ingeniero industrial o ingeniero técnico industrial el prevencionista debe ser un perfecto conocedor de la normativa en seguridad industrial. En el ejercicio profesional el prevencionista debe abordar las normas específicas que forman parte de la legislación en PRL pero también debe conocer otras muchas normas a aplicar que no son específicas del ámbito preventivo;

éste es el caso de las normas propias del ámbito industrial, las de protección civil o del ámbito del derecho laboral.

En la especialidad de seguridad son mayoritarios los contenidos derivados del ámbito industrial, la Ley 21/1992, de 16 de julio, de industria, es el marco de referencia de la seguridad industrial en España. En desarrollo de esta Ley 21/1992 se han aprobado múltiples normas que la desarrollan y es imprescindible que el prevencionista sea un buen conocedor como son el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas e alta tensión, Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria AEM 1 "Ascensores" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención o el Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-2".

Aunque cualquier titulado universitario puede realizar un buen papel como prevencionista un buen conocedor de la normativa de seguridad industrial tiene unas aptitudes muy completas para realizar estas funciones por su formación transversal, “el ingeniero industrial tiene un conocimiento muy amplio obtenido durante todo su período formativo en las materias anteriores, por lo que se encuentra muy capacitado para realizar la evaluación de riesgos que es una de las piezas claves del plan de prevención de riesgos laborales” (García Delgado, Maeso Escudero, 2005). La ingeniería industrial y la ingeniería técnica industrial son las únicas profesiones que incluyen conocimientos de tipo técnico propios de la titulación (los derivados de la organización industrial así como de la Ley 21/1992), científicos (física, química...) o de gestión empresarial (economía, administración de empresas); además algunos planes de estudios de estas titulaciones incluyen contenidos legislativos o de gestión de recursos humanos, que también forman parte del ámbito de actuación de los prevencionistas.

Otro punto a favor del papel de los ingenieros industriales e ingenieros técnicos industriales como prevencionistas es el ejercicio de la coordinación de seguridad y salud en obras. El Real Decreto 1627/1997 regula la prevención de riesgos en el ámbito de la construcción, ordena que al realizarse obras en el ámbito de la Ley 38/1999, de 5 de diciembre, de ordenación de la edificación (L.O.E.) es necesario que un técnico competente forme parte de la dirección facultativa de la obra, como coordinador de seguridad y salud en la fase de proyecto y en la fase de ejecución. Este precepto exige el coordinador de seguridad y salud sea un técnico con las competencias reconocidas (ingeniero, arquitecto, ingeniero técnico o arquitecto técnico) y no permite que un prevencionista que no disponga de alguna de estas titulaciones competentes pueda ejercer como coordinador de seguridad y salud, así en la fase de obras lo idóneo es que el coordinador sea un técnico habilitante que adicionalmente sea técnico superior en PRL (aunque esto último no es imprescindible), y dentro del grupo de técnicos competentes el ingeniero industrial o ingeniero técnico tienen una buena formación para desempeñar las funciones de coordinador de seguridad y salud.

## **CONCLUSIONES**

La prevención de riesgos laborales es una disciplina transversal, formada por conocimientos de tipo científico, técnico, sanitario o del ámbito de las ciencias sociales y jurídicas, por lo que no podemos identificar esta formación dentro de ninguna de ellas, sino que tiene componentes de todos éstos. En el presente artículo analizamos la presencia de la seguridad industrial en la prevención de riesgos, así como las necesidades de formación que tiene un prevencionista para realizar un excelente desempeño de la profesión. Entre los múltiples titulados hemos incidido en el papel que tiene el ingeniero industrial o el ingeniero técnico industrial en este sector, ya que está capacitado para ser un excelente provisional cuando ha cursado el Máster Universitario en PRL, porque además de conocer los conocimientos generales para ejercer (Ley 31/1995 y normativa que la complementa) es necesario conocer la normativa en seguridad industrial, como es la Ley 21/1992 de Industria y los reglamentos de seguridad industrial que la desarrollan en ámbitos como la electricidad, instalaciones térmicas, calderas de gas o ascensores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrieta Idiákez, Francisco Javier (2020). 120 años de la Ley dato de accidentes de trabajo... y mucho que aprender. Noticias de Guipuzcoa. Disponible en <https://www.noticiasdegipuzkoa.eus/opinion/tribuna-abierta/2020/03/05/120-anos-ley-dato-accidentes/1017253.html>

Cortés Díaz, J. M. (2018). Técnicas de prevención de riesgos laborales. Editorial Tébar.

García Benavides, F.; Ruiz Frutos, C.; García García, A. M. (1997). Salud laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. *Revista Española de Salud Pública*, 71(4), 409-410.

García Delgado, I., Maeso Escudero, J.V. (2005). El papel del ingeniero industrial como técnico en prevención de riesgos laborales. In *IX Congreso de Ingeniería de Organización* (p. 191). Disponible en <http://adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1130>

García González, G. (2015). Los inicios de la previsión social en España: responsabilidad patronal y seguro de accidentes en la ley de accidentes del trabajo de 1900. *Lex Social: Revista de Derechos Sociales*, 5(2), 1-32. Disponible en [https://www.upo.es/revistas/index.php/lex\\_social/article/view/1428](https://www.upo.es/revistas/index.php/lex_social/article/view/1428)

Gómez, B. (2017). Manual de prevención de riesgos laborales. Marge books.

González Ortega, S. (1979). La seguridad e higiene en el trabajo en la Constitución. *Revista de Política Social*, (121), 199.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. 10 de noviembre de 1995. Boletín Oficial del Estado número 269, de 10 de noviembre de 1995. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>

Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Boletín Oficial del Estado número 261, de 31 de octubre de 2015. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11724>.

Moriano León, J. A., Topa Cantisano, G., García Ael, C. (2019). *Psicosociología aplicada a la prevención de riesgos laborales*. Editorial Sanz y torres SL.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado número 27, de 31 de enero de 1997. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Boletín Oficial del Estado número 148, de 21 de junio de 2001. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-11881>

Rodríguez, S., Solís, H., & Chiquito, S. (2018). Sistemas integrados de gestión ingeniería industrial. *Impacto científico*, 13(2), 251-259. Disponible en

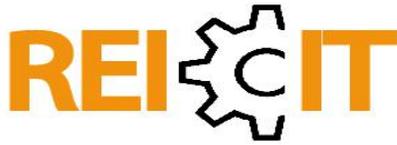
Rubio Romero, J.C. (2005). *Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales*.

Ulloa-Enríquez, M. Á. (2012). Riesgos del Trabajo en el Sistema de Gestión de Calidad. *Ingeniería Industrial*, 33(2), 100-111.

Universidad de Cádiz (2022). Máster en prevención de riesgos laborales. Disponible en <https://esingenieria.uca.es/docencia/masteres/mprl/>

Universidad Nacional de Educación a Distancia (2022). Oferta de másteres universitarios. Disponible en <https://www.uned.es/universidad/inicio/estudios/masteres.html>

Universidad Oberta de Catalunya (2022). Master universitario en Prevención de Riesgos Laborales. Disponible en [https://estudios.uoc.edu/documents/12253/15204235/Prevencion\\_riesgos\\_laborales\\_PC\\_01518-ES-MU-PRL-EIE-21.pdf/bd99d421-eb98-4b32-bb59-ccfdad8b8b1d](https://estudios.uoc.edu/documents/12253/15204235/Prevencion_riesgos_laborales_PC_01518-ES-MU-PRL-EIE-21.pdf/bd99d421-eb98-4b32-bb59-ccfdad8b8b1d)



**Revista Especializada de Ingeniería y  
Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805 -1874**

**Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022**

## **ADAPTACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE RELACIONES PÚBLICAS A LA ERA DIGITAL**

### **ADAPTATION OF PUBLIC RELATIONS STUDENTS TO THE DIGITAL AGE**

Emmanuel Alemán Ariza  
Universidad de Panamá  
aleman1182@gmail.com  
ORCID.ORG/0000-0001-5565-1482

Recibido:3/2/2022 Aceptado: 18/4/2022 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

#### **Resumen**

El artículo se centra en la adaptación de los estudiantes de relaciones públicas de la Universidad de Panamá a la era digital. Tomando como base las 5 dimensiones de la competencia digital, con las cuales se puede conocer el perfil del estudiante y lograr medir su nivel de adaptación; y al conocer dicho perfil ayudará a enfocar la docencia en nuevas formas de enseñanza. El artículo se organiza en 4 secciones importantes, sin contar la introducción. La primera sección será el contexto del artículo, donde se plasma la historia de las relaciones públicas, como carrera y se darán las bases de la investigación. En la segunda sección se describen los materiales y métodos utilizados para obtener los datos, que luego se plasmarán en la tercera sección llamada "resultados"; en esta sección se representará los resultados en formas de gráfica para una mayor comprensión, para luego pasar a la cuarta y última sección "Discusión y conclusión", en la cual se discutirán los resultados, enfocados en los alumnos

encuestados, para finalizar con las conclusiones sobre la adaptación de los estudiantes de relaciones públicas.

**Palabras Clave:** Adaptación, era digital, relaciones públicas, Universidad de Panamá, competencias digitales.

**Abstract**

The article focuses on the adaptation of public relations students at the University of Panama to the digital age. Based on the 5 dimensions of digital competence, with which the student's profile can be known and their level of adaptation can be measured; and knowing this profile will help focus teaching on new forms of teaching. The article is organized in 4 important sections, not counting the introduction. The first section will be the context of the article, where the history of Public Relations is reflected, as a career and the bases of the investigation will be given. The second section describes the materials and methods used to obtain the data, which will then be reflected in the third section called "results"; In this section, the results will be represented in graphic forms for a better understanding, and then move on to the fourth and last section "Discussion and conclusion", in which the results will be discussed, focused on the students surveyed, to end with the conclusions. on the adaptation of Public Relations students.

**Keywords.** Adaptation, digital age, public relations, Panama University, digital competencies

## Introducción

Desde la década de 1970, la tecnología ha tenido un fuerte impacto en nuestras vidas, infiltrándose en todos los aspectos y cambiando nuestros hábitos cotidianos, generando nuevas necesidades, comportamientos y desafíos; también ha tenido un impacto en la concepción, el lenguaje, la estructura y los procesos formativos y educativos.

Sin embargo, las experiencias de educación virtual son relativamente nuevas en todo el mundo, particularmente en América Latina, donde no todos los maestros ni los estudiantes universitarios (virtuales) tienen acceso a una computadora. Esto genera interrogantes e incertidumbre sobre las características de un llamado “estudiante virtual”.

“El desarrollo imparable de tecnologías digitales y la democratización en el uso de Internet han sido uno de los cambios que más han transformado el contexto del proceso educativo” (Viñals y Cuenca, 2016). De hecho, el conocimiento cambia y avanza a pasos agigantados. Un sinfín de información de todo tipo circula por las redes y solo está a un clic de distancia. Tenemos “nuevos” estudiantes en nuestras aulas; jóvenes universitarios que viven bajo el atractivo de una pantalla. Estos quieren y exigen, recibir una información más interactiva, más ágil y de forma inmediata, debido a la adaptación por la que sus cerebros pasaron, no solo por la pandemia si no por el mismo auge digital. Estos universitarios trabajan o rinden mejor cuando se utiliza una red. Al adaptarse digitalmente prefieren aprender de forma “entretenida” a enredarse, embarcarse, en el rigor de la enseñanza tradicional.

Cabe mencionar que muchos son los docentes que creen que la enseñanza de las Relaciones Públicas cambio tras la pandemia, pero es falso, hace ya un tiempo atrás

las Relaciones Públicas digitales estaban ya usándose, sin embargo, es cierto que tras la pandemia del COVID-19, el área digital de las Relaciones Públicas se incrementó.

“Las Relaciones Públicas digitales son una estrategia que busca crear una impresión positiva de una marca en medios digitales, construir su reputación y consolidar su presencia online. Al igual que las RR.PP tradicionales, las Relaciones Públicas digitales pretenden aumentar la exposición de una marca, pero en una creciente oferta de medios.” (ACADEMIACRANDI, 2021). Es decir que las relaciones públicas digitales mantienen el mismo objetivo, solo que tienen la ventaja de tener nuevas tácticas, plataformas y herramientas para lograr que una marca aumente su huella digital.

Como docentes es nuestro trabajo encontrar quienes de nuestros estudiantes se han adaptado de la mejor forma a las técnicas educativas virtuales y de igual manera cuales se han quedado rezagados. Aquellos estudiantes que por diversas razones han podido adaptarse de la mejor forma a la era digital hay que desarrollarle nuevas estrategias educativas que les permitan seguir desarrollando esas ganas de conocimiento y a los estudiantes que les cuesta la nueva manera de enseñanzas, de igual manera hay que desarrollarles estrategias más sencillas para que logren colocarse a la par con sus compañeros. De allí la importancia de conocer el nivel de adaptación de cada grupo de estudiantes, en específico los de la carrera de relaciones públicas, de la Facultad de Comunicación Social de la Universidad de Panamá; ya que estos necesitan ser conocedores de las nuevas relaciones públicas digitales.

Otro punto que es importante mencionar, es lo que se busca en un experto en Relaciones Públicas y que los estudiantes universitarios deben aspirar; es que esté tiene que poder optimizar la imagen de una empresa ante el gran mercado global, y para alcanzar esto el estudiante tiene que lograr analizar las fortalezas y debilidades del cliente y hallar la forma para desarrollarlo ante sus públicos; haciendo uso de las nuevas herramientas que nos proporcionan las TICs.

## Materiales y Métodos

La metodología de trabajo empleada fue una investigación de tipo exploratoria cuali-cuantitativa; en la cual la población de estudio fueron 50 estudiantes que cursan el cuarto año de la Carrera de Relaciones Públicas de la Facultad de Comunicación Social de la Universidad de Panamá en el año 2021 primer semestre. Con esta investigación se busca analizar el nivel de adaptación digital que tienen los estudiantes, esto, considerando que cumplan con al menos 3 de 5 de las mencionadas dimensiones, involucradas en la competencia digital. Para obtener los resultados se realizó una encuesta basada en 8 preguntas.

- **Instrumento**

### 1. ¿Cómo calificaría su dominio en la navegación web?

Principiante       Básico       Avanzado       Experto

#### Primera Dimensión

### 2. ¿Cuál de las siguientes herramientas de búsqueda utiliza, con más frecuencia?:



Ninguna       Todas

### 3. ¿Cuál de las herramientas de almacenamiento de información utiliza, con más frecuencia?:



Ninguna       Todas

#### Segunda Dimensión

4. ¿Cuáles de las siguientes herramientas utilizas con más frecuencia para realizar reuniones, producir y compartir información?

       Whereby

 Google Meet    \_\_\_Ninguna    \_\_\_Todas

### Tercera Dimensión

5. ¿Cuáles de estas aplicaciones utilizas mayormente para crear y editar contenido digital?

       PEXELS

 \_\_\_Ninguna    \_\_\_Todas

### Cuarta Dimensión

6. ¿Utilizas alguno de estos programas para proteger tus datos personales y mantener segura tu información?

\_\_\_Ninguna    \_\_\_Todas

### Quinta Dimensión

7. ¿Cuáles de las siguientes apps utilizas con mayor frecuencia para realizar trabajos, informes o asignaciones en general?

 \_\_\_Ninguna    \_\_\_Todas

8. ¿Cuáles de las siguientes herramientas para profesionales en Relaciones Públicas utilizas o tienes conocimiento?



\_\_\_ Ninguna \_\_\_ Todas



## Contexto

- **Historia de las Relaciones Públicas**

Muchos son los términos que se le adjudican a las relaciones públicas, pero se podría definir como **“una disciplina que se enfoca en el estudio, conocimiento, gestión e investigación de los distintos grupos públicos que se encuentran en una empresa”**; y que tiene como uno de sus objetivos, crear, mantener y mejorar una empresa (institución) mediante vínculos creados ya sea con organizaciones o personas que sean de un área relevante para la institución.

Es importante mencionar el nacimiento de las Relaciones Públicas, la disciplina en sí; lo sorprendente de la evolución de ésta es que nace cuando la sociedad se da cuenta de que existe una necesidad de intercomunicarnos socialmente y de igual manera que la única forma de lograr satisfacer ese problema, radica en que es necesario prescindir de conocimientos, aptitudes, además de esfuerzo para poder construir una profesión totalmente autóctona.

- **Las Relaciones Públicas como Carrera Universitaria**

En este paso de la historia aparece una figura importante, **Edward L. Bernays**, fue un ilustre sociólogo y psicólogo; además es el autor del primer libro sobre Relaciones Públicas en el mundo (**Crystallizing Public Opinion**). Este es considerado el padre de

Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra Universidad de Panamá  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICT>

las relaciones públicas modernas, siendo su predecesor, **Ivy Lee**, como el padre de las relaciones públicas.

Bernays también logra darle a la disciplina un rol más académico, debido a que la introdujo como asignatura en la Escuela de Sociología de la Universidad de Nueva York. Esto supone el reconocimiento de la entidad intelectual como una carrera de grado universitario, colocándola en un estatus de mayor importancia.

“Con Bernays, las Relaciones Públicas comienzan a ser estudiadas y practicadas desde criterios más científicos y no tan intuitivos. Se piensa que son una actividad que debe ser llevada por profesionales y que los criterios con los que debe actuar han de ser rigurosos y basándose en postulados de metodología científica” (Romo García, 2010).

Y así se creó la licenciatura en Relaciones Públicas, componiéndose de varias disciplinas como las ciencias de la comunicación, la sociología y las ciencias políticas. Todas estas disciplinas en conjunto estudian el proceso que conlleva la interacción a través de la comunicación entre diferentes personajes.

Teniendo sus disciplinas y su argumento, crea su objetivo. “Por ejemplo, se encarga de estudiar cómo es que una persona, empresa o institución se vincula con sus públicos. Además, también se dedica a analizar cómo implementa estrategias, tácticas y técnicas específicas que permiten las relaciones interpersonales y corporativas. De esta manera es como las empresas o instituciones logran hacer presente en la mente de los grupos de su interés, una imagen institucional que le favorezca” (MEXTUDIA, 2022).

- **Relaciones Públicas en Panamá**

“En nuestro país se reconoce legalmente el ejercicio de las relaciones públicas como una profesión liberal o asalariada, cuyo objetivo principal es la actividad y el

esfuerzo planificado y continuo para establecer y mantener la comprensión mutua entre una institución o empresa pública o privada y los grupos y personas que estén directa o indirectamente ligados” (Panamá América, 2002).

“A partir del 22 de octubre de 1980 entró en vigencia la Ley N° 37 que regula el ejercicio de esta profesión en Panamá” (Panamá América, 2002).

Sin embargo, el 16 de junio del año 2005 se crea la Ley 21, la cual reglamenta la profesión de relaciones públicas y deroga la mencionada ley 37 de 1980.

- **Relaciones Públicas Tradicionales VS Relaciones Públicas Digitales**

Las relaciones públicas como las conocemos han tenido un cambio muy notable en esta última década, gracias a la continua evolución del marketing, la transformación digital, el consumidor digital y evidentemente por la actual pandemia. Debido a todo esto tenemos hoy en día dos tipos de relaciones públicas, tradicional y digital, aunque las dos tienen los mismos objetivos, y realmente son lo mismo, pero con una variante: las tácticas que tiene para llegar a la audiencia.

“Las relaciones públicas son sin duda el principio de toda estrategia de posicionamiento de cualquier marca, eso está más que demostrado, y queda evidenciado desde el momento en que se reconoce que ellas se ocupan de la creación de la columna vertebral de cualquier empresa, su REPUTACIÓN” (Días Jimeno, 2020).

Tenemos el modelo tradicional donde la comunicación es de tipo unilateral, es decir, que se genera un mensaje y el público lo consume, sin poder expresar su opinión.

“Las relaciones públicas tradicionales apuntan su estrategia de comunicación hacia los medios de comunicación masivos tradicionales: diarios, radios y canales de

televisión. El objetivo es claro: lograr una cobertura amplia del mensaje, exponer la marca y generar concientización” (El Heraldo de Saltillo, 2022).

Los medios tradicionales, se distingue en estrategias publicitarias y creación de contenidos. En el primer caso, la publicidad implica el acto de pagar con el fin de vender la marca. En el segundo caso, el objetivo es fidelizar la marca a través de los artículos.

“La transformación digital hizo que las relaciones públicas en el ámbito online pasen de ser una alternativa a una necesidad para las empresas” (Forero, 2020).

“Teniendo en cuenta la rapidez con la que la transformación digital se asentó en muchos procesos tras la pandemia del COVID-19, entenderemos por qué las relaciones públicas digitales han dado pasos agigantados para renovar su versión tradicional y acercarse a unos usuarios en permanente conexión” (Forero, 2020).

“Las relaciones públicas digitales (o Digital PR, por las siglas en inglés ‘Digital Public Relations’) son una estrategia que busca crear una impresión positiva de una marca en medios digitales, construir su reputación y consolidar su presencia online” (Forero, 2020).

Hay que tener en cuenta que tanto las Relaciones Públicas Tradicionales, como las digitales pretenden una sola cosa “aumentar la exposición de una empresa u organización”.

“Por tanto, las relaciones públicas digitales persiguen el mismo objetivo, con la ventaja de que cuentan con nuevas tácticas, plataformas y herramientas para hacer crecer la huella digital de una marca, por medio de la interacción con otros actores clave del sector” (Forero, 2020).

“Las relaciones públicas digitales introducen nuevas formas de comunicación que puedes aprovechar para conversar con tu audiencia” (Forero, 2020).

- **La Era Digital y los Estudiantes de Relaciones Públicas**

La actual generación de jóvenes que ha sido llamada de distintas formas (nativos digitales, millennials, generación net, etc.), es vista por los docentes como una generación que es habilidosa y competente digitalmente, en pocas palabras una generación que sabe todo acerca de uso y manejo de la tecnología. Sin embargo esto está lejos de la realidad, hay estudios recientes (Ejemplo: La Universidad Nacional de Río Cuarto, realizó una encuesta a los profesores acerca de los estudiantes universitarios, y los resultados arrojaron que los alumnos actuales son distintos a la generación de años anteriores) que ponen en cuestión las habilidades y competencias digitales de los universitarios, quienes en su mayoría, operan hábilmente las tecnologías, pero no en todos los tipos de contextos, ni para todas las actividades.

De hecho, es un poco contradictorio notar que los jóvenes universitarios sí tienen el dominio de herramientas tecnológicas y las competencias digitales pero que al parecer no las tienen cuando se trata de un contexto educativo y, más concretamente, en sus procesos de aprendizaje.

Sin embargo, muchos docentes, por no decir todos, no ignoran la situación y son conscientes de que sus aulas están llenas de una generación de estudiantes distintos. Está es una razón por la que muchos docentes sienten que deben hacer un cambio en su manera de enseñanza, no por las competencias digitales de los jóvenes y eso porque siguen creyendo que sus estudiantes “lo saben todo” si se trata de tecnología. Pero ¿será cierto que los universitarios están bien adaptados a la tecnología?

De allí el punto de conocer si nuestros estudiantes de relaciones públicas están totalmente adaptados o tienen esa competencia tecnológica necesaria para afrontar esta nueva era digital que ha traído nuevas estrategias, formas y maneras de desarrollar su profesión. Y que a nosotros los docentes nos ha dado una herramienta de enseñanza única.

- **Las Competencias Digitales y las 5 Dimensiones**

“Competencias clave son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personales, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo” (Chiecher, 2018). Teniendo en cuenta esto, las competencias digitales son de suma importancia no solo para la sociedad actual, sino también para la correcta adaptación de los jóvenes universitarios, por esta razón pasaron a ser parte las **“8 competencias claves para la vida”**. Al ser tan importantes, se crearon 8 competencias en total, todas definidas por la Unión Europea.

Estas son las 8 competencias:

1. Comunicación en la lengua materna;
2. Comunicación en lenguas extranjeras;
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología;
- 4. Competencia digital;**
5. Competencia para aprender a aprender
6. Competencias sociales y cívicas;
7. Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa, y
8. Conciencia y expresión culturales.

“Las competencias digitales se vinculan específicamente con el uso seguro y crítico de las tecnologías para el trabajo, el ocio y la comunicación. Ser digitalmente

competente implicaría así desempeñarse con habilidad en 5 dimensiones” (Chiecher, 2018). La autora Chiecher (2018) enumeró y explicó las mencionadas dimensiones:

1. Dimensión relativa a la información; en esta dimensión, ser competente implicaría habilidad para identificar, localizar, recuperar, almacenar, organizar y analizar información digital, evaluando su finalidad y relevancia.

2. Dimensión relativa a la comunicación; en esta dimensión, ser competente implicaría ser hábil para comunicar en entornos digitales, compartir recursos a través de herramientas en línea, conectar y colaborar con otros a través de herramientas digitales, interactuar y participar en comunidades y redes.

3. Dimensión relativa a la creación de contenido; en esta dimensión, ser competente implicaría saber crear y editar contenidos nuevos (textos, imágenes, videos), integrar y reelaborar conocimientos y contenidos previos, realizar producciones artísticas, contenidos multimedia y programación informática, saber aplicar los derechos de propiedad intelectual y las licencias de uso.

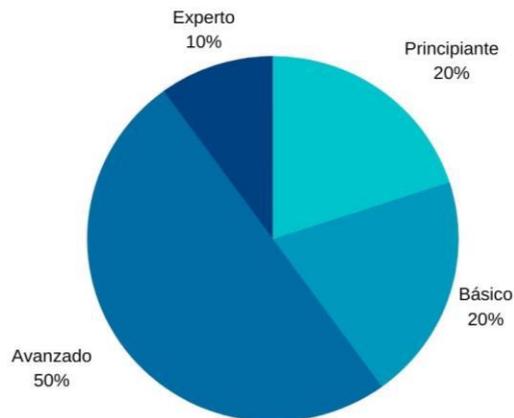
4. Dimensión relativa a la seguridad; en esta dimensión, la competencia se orientaría a conocer sobre protección personal, protección de datos, protección de la identidad digital, uso de seguridad, uso seguro y sostenible.

5. Dimensión relativa a la resolución de problemas; en esta dimensión, ser competente implicaría poder identificar necesidades y recursos digitales, saber elegir entre herramientas digitales apropiadas, resolver algunos problemas técnicos, etc. (p. 3-4).

## **Resultados**

### **Figura 1**

### ¿Cómo Calificaría su Dominio en la Navegación Web?

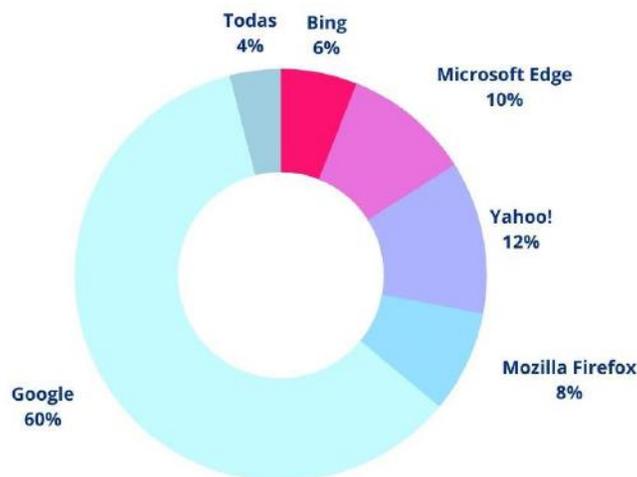


Fuente: Elaboración Propia

Hay un gran porcentaje (50%) de estudiantes que manejan de forma avanzada la navegación web, sin embargo, hay un total de 40% (entre básico y principiante) que aún no logran el dominio de la navegación web en su totalidad.

### Figura 2

#### ¿Cuál de las siguientes Herramientas de Búsqueda Utiliza con más Frecuencia?

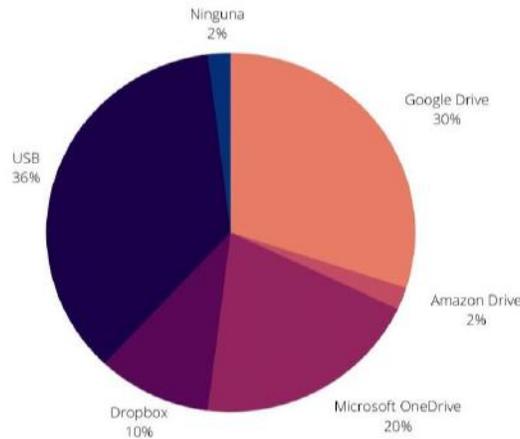


Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que el navegador Google sigue siendo el más utilizado por la mayoría de los usuarios de internet y en este caso de nuestros estudiantes.

### Figura 3

**¿Cuál de las Herramientas de Almacenamiento de Información Utiliza con más Frecuencia?**

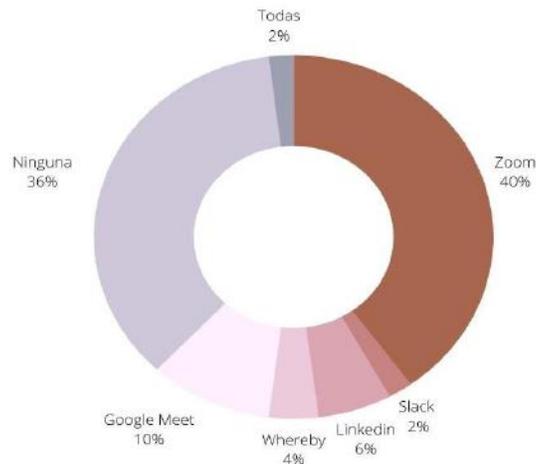


Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que un total de 62% de los estudiantes, utilizan alguna herramienta de almacenamiento, sin embargo, aún hay un 36% que siguen usando la tradicional USB para guardar información.

**Figura 4**

**¿Cuáles de las siguientes Herramientas Utilizas con más Frecuencia para Realizar Reuniones, Producir y Compartir Información?**



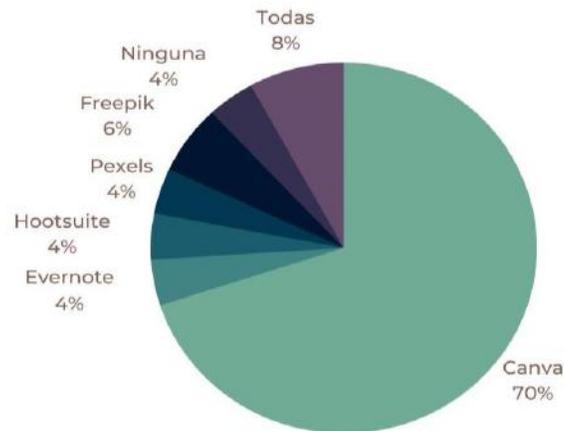
Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar que la gran mayoría de estudiantes (40%) utilizan zoom, esto debido a que es la herramienta preferida de los profesores para impartir las clases.

También se puede notar que el 36% de los estudiantes no utilizan ninguna app; esto puede ser debido a que no conocen o no saben utilizar alguna de estas herramientas.

**Figura 5**

***¿Cuáles de estas Aplicaciones Utilizas Mayormente para Crear y Editar Contenido Digital?***

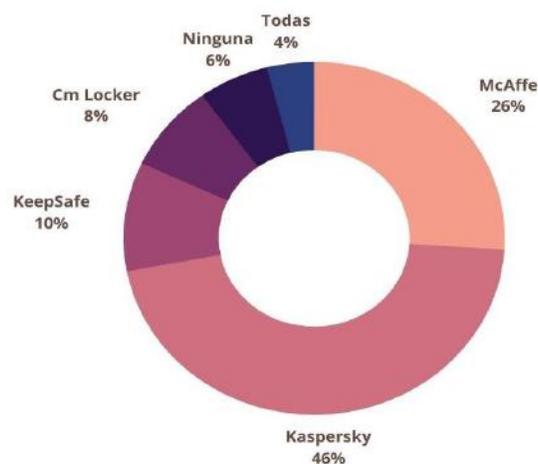


*Fuente: Elaboración propia*

Una gran cantidad de jóvenes (70%), por no decir casi todos, utilizan por excelencia Canva, y es que esta aplicación ofrece plantillas para todo tipo de trabajos.

**Figura 6**

***¿Utilizas Alguno de estos Programas para Proteger tus Datos Personales y Mantener Segura tú Información?***

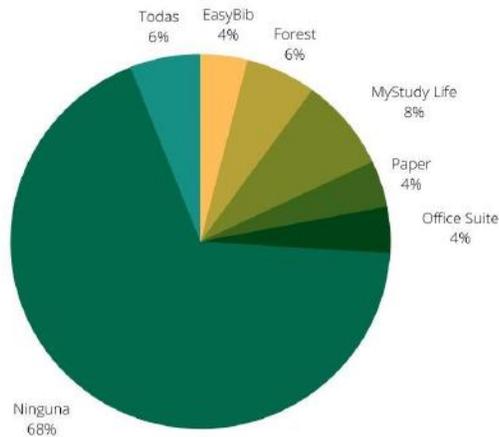


*Fuente: Elaboración propia*

El antivirus Kaspersky es el software más utilizado para la protección de datos (46%). Este software se puede descargar en una computadora como en el celular, y es uno de los mejores antivirus que hay.

**Figura 7**

**¿Cuáles de las siguientes Apps Utilizas con mayor Frecuencia para Realizar Trabajos, Informes o Asignaciones en general?**

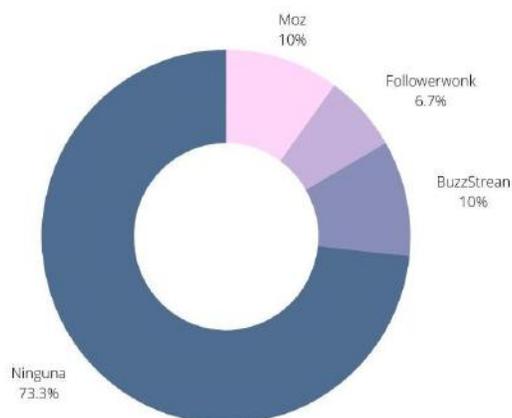


*Fuente: Elaboración propia*

La mayoría de los universitarios (68%) no utilizan alguna aplicación para realizar sus asignaciones, lo cual demuestra que no hay un total dominio o conocimiento de dichas apps. Sin embargo, hay algunos estudiantes que sí tiene habilidad para usarlas.

**Figura 8**

**¿Cuáles de las siguientes Herramientas para Profesionales en Relaciones Públicas Utilizas o tienes Conocimiento?**



*Fuente: Elaboración propia*

Esta gráfica nos muestra una situación preocupante, y es que la mayoría de los estudiantes de Relaciones Públicas (73.3%) no utilizan o no conocen algunas herramientas que están desarrolladas para su área y que les permiten desenvolverse como profesionales. Esto puede deberse a la falta de interés, o que el docente no les ha explicado que hay aplicaciones que es importante que manejen, debido a que las empresas las utilizan en su departamento de Relaciones Públicas, por ejemplo, BuzzStream, la cual se usa para gestionar campañas, como gestor de redes sociales, etc.

## **Discusión**

Luego de realizar la encuesta y extraer los datos por medio de gráficas para una mayor comprensión, se procedió a analizar los resultados. En primer lugar, se asoció cada pregunta a una de las 5 dimensiones que comprenden la competencia digital, de acuerdo al modelo teórico presente por Chiecher; es decir, en la gráfica 2 y 3 se detalla la primera dimensión, teniendo en cuenta que la primera gráfica con respecto a la primera pregunta es para conocer el nivel general del dominio digital, y así sucesivamente con cada pregunta y su gráfica.

Los resultados presentados en la sección anterior muestran algunos rasgos de nuestros estudiantes de relaciones públicas y de su adaptación con las tecnologías. Es decir que, el estudio demuestra que la mayoría de los jóvenes tienen un buen manejo dentro de la tecnología y presentan gran adaptación a la era digital; sin embargo cabe destacar que el uso y adaptación que tienen no está totalmente vinculado a el área de su carrera o en general a la educativa, esto quiere decir que, por ejemplo los jóvenes utilizan su conocimiento tecnológico mayormente para el entretenimiento, el ocio y la comunicación; pero tampoco se puede decir que toda la población estudiada solo utiliza la tecnología para el entretenimiento, ya que hay un cierto número de estudiantes que

desarrollan su conocimiento digital para realizar las asignaciones de una manera más sencilla para ellos y llamativa para el docente.

Otro resultado que se presentó y es preocupante, es que la mayoría de los estudiantes no hacen uso de aplicaciones o softwares, que son utilizados por profesionales en Relaciones Públicas, que les pueden ayudar a desarrollar más conocimiento acerca de su carrera, no obstante esta parte no solo es culpa del estudiante por no querer investigar aplicaciones desarrolladas para su área, si no también es culpa del docente por no presentar un modelo de enseñanza interactivo, también por no dar ejemplos de éstas, ni despertar en ellos las ganas de sumergirse netamente en su carrera.

Podríamos concluir, en base a los resultados de este estudio, que generalmente muchos de nuestros estudiantes llegan a la universidad con un cierto nivel de competencia digital, debido a que conocen diversas herramientas tecnológicas y saben cómo utilizarlas. No obstante, **“No lo saben de todo”**, debido a que ciertamente muchos de ellos no han logrado desarrollar algunas o todas las competencias necesarias, que les permiten tener una “alfabetización digital” y un gran dominio de distintas herramientas para un contexto educativo y para su formación.

Finalmente, obtenidos los resultados, volvemos al tema principal de este estudio **“La Adaptación de los Estudiantes de Relaciones Públicas a la era Digital”** y tomando en cuenta las 5 dimensiones presentes en las competencias digitales (información, comunicación, creación de contenido, seguridad de datos y resolución de problemas), tendríamos como respuesta: no todos nuestros estudiantes son digitalmente competentes. De hecho, no todos saben guardar documentos en la nube (primera dimensión), no todos saben utilizar aplicaciones para realizar informes o tareas (quinta dimensión), pero si manejan apps para la seguridad de sus datos privados (cuarta dimensión). Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, la Universidad de Panamá como casa de estudios superiores y la encargada de los futuros profesionales, Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra Universidad de Panamá <https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICT>

tanto de relaciones públicas como de otras disciplinas, teniendo en cuenta que el actual y futuro mercado laboral y profesional está basado en un entorno digitalizado, debe velar que en la educación superior no falte la incorporación de las competencias digitales en todos los estudiantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3.0, E. (s. f.). *La adaptación de la educación en la era digital no es una opción, es una necesidad*. EDUCACIÓN  
<https://www.educaciontrespuntocero.com/opinion/educacion-digital-una-necesidad/>
- A. (2012, 5 enero). *LAS RELACIONES PÚBLICAS EN INTERNET*. Comunicatur.  
<http://www.comunicatur.info/es/les-relacions-publiques-a-internet-2/>
- ACADEMIA, F. (2020, 6 noviembre). *¿Qué son las relaciones publicas digitales y cuál es su importancia?* Academia Crandi. <https://academia.crandi.com/negocios-digitales/relaciones-publicas-digitales/>
- AMÉRICA, R. P. (2002, 11 julio). *Las Relaciones Públicas en Panamá (I)*. Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/opinion/las-relaciones-publicas-en-panama-i-93459>
- AYALA PÉREZ, T. (2011). EL APRENDIZAJE EN LA ERA DIGITAL. *REVISTA ELECTRÓNICA DIÁLOGOS EDUCATIVOS*, 21, 4–18.
- BLANCO, A. V. (2016, 24 febrero). *El rol del docente en la era digital*. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado.  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/274/27447325008/html/index.html>
- CHIECHER, A. C. (2018). *Competencias digitales de jóvenes que inician sus trayectorias universitarias ¿Desafíos para la docencia en la era digital?* Reposital Material Educativo.  
<https://repositoral.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/5131>
- COLLE, R. (2012). Comunicación y Conocimiento: Desafíos de la era digital. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 65–75.  
<http://www.rmedcom.org/libros/coleccion.htm>

- CUENCA-FONTBONA, J., MATILLA, K., & COMPTE-PUJOL, M. (2020). Transformación digital de los departamentos de relaciones públicas y comunicación de una muestra de empresas españolas. *Revista de Comunicación*, 19(1), 75–92. <https://doi.org/10.26441/rc19.1-2020-a>
- DE SALTILLO, E. H. (2022, 21 febrero). *¿Qué son las relaciones públicas tradicionales?* El Heraldo de Saltillo. <https://www.elheraldodesaltillo.mx/2022/02/21/que-son-las-relaciones-publicas-tradicionales/>
- ESCOBAR ZÚÑIGA, F. (2017). *DIDAC - Algunos rasgos del estudiante universitario en la era digital*. IBERO. [http://revistas.ibero.mx/didac/articulo\\_detalle.php?id\\_volumen=24&id\\_articulo=283&id\\_seccion=133&active=132&pagina=3](http://revistas.ibero.mx/didac/articulo_detalle.php?id_volumen=24&id_articulo=283&id_seccion=133&active=132&pagina=3)
- ESPARCIA, A. C. (2010). *Introducción a las relaciones públicas* (s ed.). Instituto de Investigación en Relaciones Públicas.
- FORERO, T. (2021, 12 febrero). *Relaciones públicas digitales: cómo impulsar tu marca con esta estrategia y aumentar su presencia en Internet*. Rock Content - ES. <https://rockcontent.com/es/blog/relaciones-publicas-digitales/#:%7E:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20relaciones%20p%C3%BAblicas,y%20consolidar%20su%20presencia%20online>
- GARCÍA, B. C., & GARCÍA, M. C. (2022). Doxa Comunicación. Revista interdisciplinar de estudios de comunicación y ciencias sociales. *Innovación y herramientas hi-tech en la docencia del periodismo. El caso de Wooclap*, 34(Julián Romea 18), 19–32. <https://doi.org/10.31921/doxacom>
- GONZÁLEZ et al (2018). Ecologías de aprendizaje en la Era Digital: desafíos para la Educación Superior. *PUBLICACIONES*, 48(1), 26–39. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v48i1.7329>
- I. (s. f.). *Relaciones públicas tradicionales - InfoSol*. Infosol. <https://www.infosol.com.mx/servicios/relaciones-publicas-tradicionales/>

INFORMACIÓN Y RELACIONES PÚBLICAS | Universidad de Panamá. (s. f.).  
Universidad de Panamá.  
<https://www.up.ac.pa/direcciones/informacionRelacionesPublicas>

LAFAYETTE, P. (2021, 27 septiembre). *Diferencia entre las RRPP tradicionales y las RRPP 2.0*. Lafayette. <https://www.lafayette.com/diferencia-entre-las-rrpp-tradicionales-y-las-rrpp-2-0/>

LÓPEZ, A. (2020, 31 octubre). *Un nuevo paradigma en la enseñanza universitaria basado en competencias digitales para profesores | López | Campus Virtuales*. Campus Virtuales.  
<http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/737>

MEXTUDIA. (2022, 19 enero). *Estudiar Relaciones Públicas | Guía de Carrera 2022*. Mextudia. <https://mextudia.com/carreras/relaciones-publicas/>

MEZA, H. (2022, 5 marzo). *RP tradicional y RP digital: la pareja perfecta para el descubrimiento de marca*. PuroMarketing.  
<https://www.puromarketing.com/44/34810/tradicional-digital-pareja-perfecta-descubrimiento-marca.html>

ONLINE, I. (2020). *La transformación digital de la enseñanza, en la era post COVID-19 | Ignite Online*. IGNITE. <https://igniteonline.la/la-transformacion-digital-de-la-ensenanza-en-la-era-post-covid-19/>

PARRA DE MARROQUÍN, O. (2008). El estudiante adulto en la era digital. *Apertura*, 8, 35–49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68811215003>

PERSPECTIVA, R. (2020, 11 octubre). *¿Relaciones públicas, tradicionales o digitales?* PERSPECTIVA. <https://www.perspectiva.gt/blog/relaciones-publicas-tradicionales-o-digitales/>

RAMOS OSTIOS, M. J. (2012). *Relaciones Públicas. 2.0: El uso de los Medios Sociales en la estrategia de comunicación online demarcas ciudades españolas. - Public Relations. 2.0: Using social media in the communication online strategy of*

Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra Universidad de Panamá  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICT>

- brands Spanish cities. *REVISTA INTERNACIONAL DE RELACIONES PÚBLICAS*, 2, 71–90. <https://doi.org/10.5783/rirp-3-2012-04-71-90>
- REY LENNON, F. (2016). Relaciones Públicas y medios sociales digitales. *RihHumSo*, 2, 36–46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5755224>
- ROSALES, I. (2021, 29 marzo). *Transformación digital en la educación: Nuevos retos en la educación superior*. D2L. <https://www.d2l.com/es/blog/transformacion-digital-en-la-educacion/>
- RUBIO, P. C., & SANZ, J. L. M. (2019). *Estrategias de publicidad y relaciones públicas en la era digital*. Editorial UOC.
- SANCHO et al (2018). La situación cambiante de la universidad en la era digital. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 31. <https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20673>
- TORRICO, B. (2021, 14 abril). *Digitalización acelerada: lo que la pandemia le enseñó a las universidades*. Puntos sobre la i. <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/digitalizacion-acelerada-lo-que-la-pandemia-le-enseno-a-las-universidades/>
- TROTTA, L., & SANTUCCI, P. V. (2012). Jóvenes universitarios en la era digital: Primeras aproximaciones conceptuales. *Cuestiones de Sociología*, 8(Universidad Nacional de La Plata), 2–7. [https://redib.org/Record/oai\\_articulo614974-j%C3%B3venes-universitarios-en-la-era-digital-primeras-aproximaciones-conceptuales](https://redib.org/Record/oai_articulo614974-j%C3%B3venes-universitarios-en-la-era-digital-primeras-aproximaciones-conceptuales)
- VILCHES et al (2011). *La investigación en comunicación*. Gedisa.
- VILLARREAL-VILLA, S. (2019, diciembre). *Teacher Competences and Transformations in Education in the Digital Age*. Scielo. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062019000600003&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062019000600003&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- ZAMAR, M. D. G. (2020). *El aula invertida: un desafío para la enseñanza universitaria*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7869090>
- Revista Especializada de Ingeniería y Ciencias de la Tierra Universidad de Panamá  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/REICT>



## **Ingeniería Verde Aplicada, hacia la Evolución Sostenible de los Sistemas de Producción Industrial**

### **Applied Green Engineering, towards the Sustainable Evolution of Industrial Production Systems**

Medina Villa, Geris Itzel  
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería  
Geris.medina@up.ac.pa  
ORCID.ORG/0000-0003-2278-2085

Recibido:8/3/2020 Aceptado: 20/10/2021 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

#### **Resumen**

Este artículo tiene como objetivo aplicar los conceptos sostenibles de la ingeniería verde en los diseños de sistema de producción industrial para el logro de su gestión sostenible. Dentro de las tres dimensiones: la económica, la social y la ambiental, el modelo de desarrollo puede calificarse como sostenible, si es viable económicamente, justo o equitativo desde un punto de vista social y soportable en el tiempo desde un punto de vista ambiental. Por medio de la identificación de los conceptos de carácter sostenible relacionados a los procesos que convergen en los diseños de sistemas de producción industrial, la revisión de los factores responsables de su evolución hacia una gestión sostenible y finalmente, la demostración de su vinculación sostenible de acuerdo con el cumplimiento de los principios de la Ingeniería Verde. Con los elementos de la Ingeniería Verde, se desarrollará la propuesta que concluye que, para garantizar el cumplimiento de sostenibilidad de los sistemas de producción, es obligatorio que las empresas productoras apliquen una hoja guía como herramienta para

calificar si el diseño del sistema de producción es sostenible, basados en los principios de ingeniería verde en cada etapa decisiva de su diseño, basados en este resultado, puede implementar un sistema óptimo y efectivo que permita administrar y mejorar su gestión, operación y valorar el producto con atributos sostenibles. El artículo expondrá y analizará los conceptos aplicables a los indicadores de sostenibilidad en el proceso de los diseños de sistemas de producción industrial y su relación con la ingeniería verde, desde un enfoque práctico cualitativo descrito en una hoja guía como herramienta calificadora de cualidades de sostenibilidad definidas desde los principios de ingeniería verde en un diseño de sistema de producción.

Palabras clave: Ingeniería Verde, Procesos industriales, Sostenible, Química verde

#### Abstract

This article has as purpose to apply the sustainable concepts of green engineering in the designs of industrial production systems to achieve sustainable management. Within the three dimensions: economic, social and environmental, the development model can be classified as sustainable, if it is economically viable, fair or equitable from a social point of view and bearable over time from an environmental point of view. Through the identification of the concepts of sustainable production related to the processes that converge in the designs of industrial systems, the review of the factors responsible for their evolution towards sustainable management and finally, the demonstration of their sustainable link according to with compliance with the principles of Green Engineering. With the elements of Green Engineering, the proposal will be developed that will conclude that, in order to guarantee compliance with the sustainability of the production systems, it is mandatory that the production companies apply a guide sheet as a tool to qualify whether the design of the production system it is sustainable, based on the principles of green engineering in each decisive stage of its design, based on this result, it can implement an optimal and effective system that allows managing and improving its management, operation and valuing the product with sustainable attributes. This article will expose and analyze the concepts applied to sustainability indicators in the design process of industrial production systems and

their relationship with green engineering, from a qualitative practical approach described in a guide sheet as a qualifying tool for defined sustainability qualities. from green engineering principles into a production system design.

Keywords: Green Engineering, Industrial Processes, Sustainable, Green Chemistry

## Introducción

La producción industrial debe ser competitiva e innovadora en sus diseños de los procesos de producción, generando profundos cambios en los diseños de sistemas de producción para incluir nuevas tendencias económicas, tecnologías limpias, menos desechos y normas de protección ambiental. (Vargas, 2014).

Se analiza que la globalización proliferó masivamente procesos industriales diseñados a lograr satisfacer necesidades mundiales inmediatas, innovando, pero generando también otros aspectos nocivos, porque conlleva a que las industrias mundiales procesarán materias primas e insumos (con poco control de estudio, lo disponible), utilizando maquinarias diseñadas para procesar altos volúmenes de productos, sin tecnologías limpias, generando altos niveles de desechos y altos costos operativos.

Actualmente las empresas compiten con productos basados en una planeación de producción cubriendo necesidades de un segmento de mercado controlado (productos), con bajo impacto de daño al humano y a su entorno (medio ambiente-economía circular) (Zacarías, 2018), y obviamente, la obtención de un retorno de alta rentabilidad. El paquete de satisfacciones para el cliente, no era incluido como resultante de un proceso de producción basado en la mezcla de estos objetivos, esta evolución ha sido necesaria y será necesaria para controlar la cantidad a producirse y mitigar el impacto que generan las empresas productivas al medio ambiente porque cuando se logra, como indicará Adams: la empresa comprenderá el valor de sus relaciones y de los recursos y servicios que le proporciona su entorno natural para lograr un retorno rentable de sus procesos de producción. (Adams, 2015)

El entorno externo de los negocios en los cuales las empresas compiten, cambia continuamente; de igual forma, la organización necesita adaptarse también a su medio de forma permanente. (Carro Paz, 2012)

Para corregir las deficiencias de las industrias, como paliativo, se introducen algunos enfoques para el control de desechos, mejoras en los procesos de producción, gestión de calidad, tecnologías innovadoras, inclusión de energías limpias y uso de materiales de fácil desintegración o naturales, hacia la búsqueda de mayor rentabilidad y respeto social.

Para prevenir la contaminación ambiental, mejorar el ambiente y la calidad de vida, nace en 1990 la Química Verde, la cual crear conciencia en la forma de proveer bienes y servicios según el crecimiento de la población. (Soledad R., 2018). La ingeniería verde o sostenible se ha desarrollado como una extensión de la química sostenible, pretendiendo diseñar productos y procesos que minimicen la contaminación.

Así mismo como Europa, presenta resultados actualizados en las acciones hacia el logro de la sostenibilidad ambiental, América, en el 2015 los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, como hoja de ruta de desarrollo de las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas como el rol central. (cepal, s.f.).

La Agenda 2030 de las Naciones Unidas presenta 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en reemplazo de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) anteriormente definidos. El desarrollo y los resultados positivo de estos objetivos debe equilibrar la sostenibilidad medio ambiental, económica y social hasta el año 2030. El desarrollo sostenible encierra tres dimensiones indisociables a controlarse: la económica (rentable para sus partes), la social (justo y equitativo), y la ambiental (soportable). Siendo el 7, 9, 11 y 12 los objetivos de Desarrollo Sostenible para armonizar y alcanzar, en este caso de estudio, que las Industrias presentes dentro de los 193 Estados suscritos, logren procesos sostenibles.

En referencia a la contaminación ambiental, la legislación sobre el impacto ambiental, está basada en lograr que los Estados (a lo interno), establezcan mecanismos de control y de cumplimiento con el derecho ambiental de orden internacional, que regula y protege el derecho que les asiste a los pueblos o Estados a no ser afectados por la explotación, expoliación, degradación y contaminación de sus recursos naturales y del ambiente transfronterizo. Existen varias legislaciones de impacto ambiental suscritas por los países del mundo para lograr armonizar acciones en búsqueda del objetivo de mitigar los daños y controlar el uso de los recursos naturales.

Por lo tanto, para lograr aplicar las tres dimensiones que determinan un modelo de sostenibilidad en los sistemas de Producción Industrial se analizará y se establecerán los principios de la Ingeniería Verde que deben considerarse en la decisión de diseño de cada una de las etapas o elementos que conforman un sistema de producción industrial para calificar de manera cualitativa la categoría de sostenibilidad como una tendencia en la evolución de la ingeniería concurrente, por medio del método de identificación cualitativa de factores dentro de las etapas del diseño de producción y los principios que se han definido como de cumplimiento que corresponde a cada decisión dentro del diseño según la ingeniería verde.

Este artículo establece el proceso evolutivo de los procesos productivos hacia el enfoque sostenible, desde la conceptualización de los factores que convergen en la ingeniería verde hasta demostrar su aplicación en el diseño de los procesos de producción sostenibles, fundamental para alcanzar el logro común de prevalecer a la sociedad en un hábitat con calidad.

Se buscará responder: ¿Es la aplicación de la ingeniería verde quien logra la sostenibilidad en los diseños de los sistemas de producción industrial?

Antecedentes y fundamentos teóricos

En los inicios de los años 1900, los procesos productivos fueron realizados con un diseño de procesos de producción basados en producir para consumo en masa, luego pasa a un control operativo enfocado a reducir los costos (mayor rentabilidad), luego se enfocaron los esfuerzos por reducir los tiempos de fabricación (Cedeño F. , 2000), y lograr colocar los productos más rápidamente a los consumidores, asalariados para Henry Ford. (Cedeño & Lòpez, 2014). A su vez, ingresaron muchos más competidores propiciando un mercado más competitivo y exigiendo simultáneamente que se incrementará de manera exponencial la demanda de materia prima, insumos, maquinarias, energía y mano de obra, generando las etapas de la actualización industrial o llamadas revoluciones industriales.

Para suplir las necesidades inmediatas de las fábricas en materia prima, insumos u otros productos asociados, necesarios para un determinado proceso de producción, se requirió la creación de más productos químicos a nivel global, esto mejoró la disponibilidad inmediata de mercancía diversa para el cliente, pero también un alto consumo de recursos naturales, aunado al uso de tecnologías no limpias, situaciones que aceleraron el impacto en el medio ambiente, trayendo consigo una legislación ambiental mundial, y por supuesto, un aumento en el costo de la gestión para la eliminación de desechos.

En este momento se evidencian dos resultados de los procesos de producción, un producto que cumple los criterios de diseño o terminado y sus respectivos desechos, la calidad del producto terminado según los indicadores de calidad que se hayan definido en el diseño para satisfacer al cliente y no a la protección del medio ambiente en sí. Uno de esos indicadores los representa el factor de durabilidad y el tiempo de vida útil, estos dos factores son determinantes en el diseño del proceso porque de esto dependerá el costo y el tiempo que requiere el producto para descomponerse. (Diehl, 2007)

El suministro de la materia prima y la producción en las fábricas representan tan solo dos etapas en el ciclo de vida de un producto, su distribución, uso y requerimientos para la eliminación final del mismo agregan un valor alto en el impacto ambiental comparado con el mismo proceso de producción. El reto ambiental para el D4S es el diseño de productos que eliminen los impactos en su ciclo de vida, hoy llamado Ingeniería verde. Esta forma de pensar demuestra la magnitud de alcanzar sostenibilidad y la necesidad crítica de mejorar los procesos de producción, productos y sistemas. Para alcanzar los factores se requiere una innovación radical de productos, desde el desarrollo de productos nuevos, innovando el producto, los servicios interconectados, así como el desarrollo de diseños y sistemas de producción sostenibles. Este y otros enfoques relacionados se publicaron Design for Sustainability: a Global Guide, UNEP 2006. (Diehl, 2007)

## **Método**

Los diseños de los procesos de producción han evolucionado en función de la incorporación de algunos conceptos sostenibles según la historia productiva que se describe como la ingeniería concurrente. A través de la identificación de conceptos sostenible relacionados a los procesos de diseños de producción y la introducción de los principios de ingeniería verde aplicables en cada etapa, se logra una gestión de diseño sostenible

categorizando en las etapas los elementos relativos a los principios de la ingeniería verde, como una tendencia en la evolución de la ingeniería concurrente porque ella propone la ejecución de tareas paralelas para lograr múltiples objetivos para diseñar en verde.

Los modelos prescriptivos tratan de persuadir u orientar a los diseñadores en las formas de realizar el proceso de diseño. Usualmente, estos métodos ofrecen un procedimiento algorítmico y sistemático a seguir y, a menudo, son considerados como un caso particular de las metodologías aplicables, por ejemplo, en un diseño.

La intención es tratar de asegurar que el problema de diseño sea totalmente comprendido, que sean tomados en cuenta los elementos más importantes y que se identifique el problema real (Cross, 2008). Estos modelos, por tanto, tienden a sugerir una estructura básica de análisis-síntesis-evaluación del proceso, en este estudio particularmente aplicado en el diseño del proceso en las industrias.

Para el desarrollo de este proyecto, se documentarán las características relativas a las decisiones en cada etapa para el desarrollo de diseños de procesos de producción sostenible y los doce principios de ingeniería sostenible o verde, a través de un método de investigación inductivo, el cual permite verificar si los procesos convergen en el diseño basado en los procesos de producción sostenible y la inclusión de las últimas herramientas propuestas en la ingeniería concurrente en los diseños de los sistemas de producción sostenible en las industrias, su enfoque será cualitativo porque a través de indicadores generales se evaluará de los diseños de sistemas productivos, de acuerdo con cualidades y elementos definidos en los diseños de sistemas de producción versus los principios de la ingeniería verde con el fin de categorizar como sostenible o no cada etapa en el diseño.

Estas características serán descritas como objetivos sostenible por alcanzar, su enfoque será cualitativo porque se evaluará cualitativamente las características de las etapas y los objetivos definidos en los principios de ingeniería verde con estas características como guía metodológica para la planeación de un diseño de producción sostenible en cada etapa en el diseño, es decir, consiste en establecer una relación coherente entre los objetivos de un diseño, los recursos, las oportunidades y los principios de la ingeniería verde, como base para gestionar el diseño del sistema productivo. (Gonzalez M., s / f)

Un diseño de producción industrial crea un producto para cumplir con una necesidad, donde se relacionan elementos, como materias primas, procesos, emisiones, equipos, consumos, embalajes, transportes, desecho, que deben estar sincronizados y controlados, es decir, bajo un sistema. (Jaèn & Villanueva, 2013)

En el diseño del sistema de producción contemplado para una planta industrial de uso a largo plazo, la gestión de las operaciones es determinante para la definición de los siguientes elementos: (udima, 2004)

- Selección y diseño del producto: la empresa, a través de su función de planificación, debe conocer su entorno competitivo y, en consecuencia, su mercado y la demanda,

así establece existen oportunidades o necesidades sin cubrir. Si ello es así, la función de I+D o el departamento de ingeniería deberá estudiar la viabilidad teórica del nuevo producto, utilizando para ello el enfoque del «análisis del valor».

- Proceso. La empresa debe decidir, según la factibilidad del producto, en términos de los costes y de los beneficios esperados, cuál será el proceso tecnológico a emplear, dentro de las alternativas conocidas y las propias características del producto. En este tipo de decisión se establecerán las clases de bienes de equipo e instalaciones que se precisan. Es decir, evaluar la inclusión de conceptos de industrias inteligentes.
- Capacidad productiva. Establecer la dimensión de acuerdo con un volumen de producción futurístico establece la capacidad que corresponde a la inversión de bienes de equipo e instalaciones técnicas, influyendo en la configuración de los costos.
- Nivel de inventarios. Conocida la capacidad productiva, determinará el nivel de los inventarios requeridos, también definirá el sistema de control y de pedido para renovar los niveles medios y de seguridad que se necesitan por el proceso productivo, considerando también aspectos de gestión para su conservación, específicamente de productos biodegradables y otro tipo atípico que se incluya.
- Localización y distribución en planta. Después de estas definiciones, se procede con la evaluación de la ubicación y del diseño de la planta industrial productiva, es decir, desarrolla el llamado lay-out o forma de distribuir y ambientar los espacios físicos para lograr la máxima productividad y un buen clima laboral para el desarrollo óptimo de las operaciones.
- Tareas y puestos. El proceso productivo y la gestión corresponde a una serie de actividades que deben ser desarrolladas en la planta y la empresa, las cuales, generan subtareas y trabajos. Para lograr el desempeño óptimo de estos, hay que establecer una estructura de valoración y generar de un compendio de tareas el detalle de puestos y también, la elaboración de un manual de funciones. Si se incluyen elementos como robots, combinación de equipos humanos y robots, deberá integrarse en el sistema los términos y línea de alcance de actividades para permitir el flujo óptimo de las operaciones evaluando los costes y rendimientos.
- Calidad. Es necesario que la empresa defina e instaure un sistema de control de la calidad para la mejora continua de la actividad productiva, estableciendo y controlando los indicadores, parámetros, estándares y demás elementos de seguimiento.
- Mantenimiento. Debe existir el plan y los procesos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para mantenimiento de los equipos y las instalaciones y también su plan de renovación, aplicando la biomimética para mantener el rendimiento óptimo y también cumplir con una gestión sostenible.

Las técnicas que han permitido la evolución y la mejora en el desarrollo de los diseños de producción industrial se encuentran resumidas en la llamada ingeniería concurrente, la cual surge alrededor de 1980 como un medio de referencia que engloba a todas las técnicas que se vayan generando y que sean aplicables para desarrollar productos de alto valor en todas las etapas de su ciclo de vida.

El origen de la ingeniería concurrente surge alrededor de 1980 como un medio de referencia que engloba a todas las se remontan a la década de 1950, cuando Genichi Taguchi trabajó en el desarrollo de los principios del diseño robusto, que buscaba optimizar el producto desde su proceso de fabricación. En 1960, dos profesores japoneses desarrollaron otra de sus técnicas fundamentales: la calidad o el despliegue de la función de calidad (QFD por sus siglas en inglés), donde el cliente es quien dictamina el éxito del producto y con una técnica sistemática guiaba a los diseñadores a reconocer y detallar las necesidades del cliente y la meta producto, apoyado por un equipo compuesto por personas de las diferentes áreas de la empresa. En el caso del diseño para producción, se requiere la correspondencia entre las características del producto (geometría, tolerancias, materiales, volúmenes de producción) y el proceso de producción, esto lo expone el término de Ingeniería llamado el ciclo de vida (Life Cycle Engineering) que nace a finales de la década de 1980 y que define todas las etapas por las que pasa un producto y crea la llamada ingeniería concurrente.

Otra evolución registrada en la ingeniería concurrente han sido las metodologías de diseño para facilidad de mantenimiento o servicio (DFS) y el diseño para reciclado o retirado (DFR). (Riba, 2006)

La preocupación por el medio ambiente obliga a los fabricantes a responsabilizarse por el impacto ecológico de sus productos. Ante esto, los principios de la ingeniería verde, pretende encontrar el equilibrio entre la sostenibilidad y la producción y actualizar una nueva técnica para la ingeniería concurrente.

En la búsqueda de suplir productos bien fabricados y buscando la satisfacción del cliente, se introducen en los procesos de producción los sistemas de gestión de calidad, que según Online Browsing Plataforma (OBP) la describe como una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible a través de la norma 9001. (Plataform, 2015). Esta herramienta en la ingeniería concurrente representa un sistema que recoge una serie de normas y estándares que deben cumplirse para lograr la satisfacción del cliente.

El sistema de gestión de calidad exige la necesidad de documentar los procesos que realiza la empresa con el fin de establecer procesos más óptimos a través de reingenierías y se obtenga como resultado procesos más óptimos y rentables en tema de costes, manejo de desechos, tiempos y mejorar continua de la satisfacción del cliente, pero excluye en el diseño conceptos orientados a un proceso más ecológico. Las ventajas obtenidas de incluir un sistema de gestión de calidad fue la introducción de la ingeniería de procesos en la producción.

Otra variación que actualiza los diseños de procesos de producción son las metodologías tecnológicas fusionadas en las llamadas industrias inteligentes, catalogada como la cuarta etapa o revolución industrial que introduce el concepto de Industria 4.0. “Las industrias inteligentes fueron reconocidas por primera vez en la feria de Hannover de 2011 como la concepción y desarrollo de fábrica inteligente, industria que combina tecnología de automatización con tecnología cibernética” (López). Este concepto fue aplicado por primera

vez por las grandes potencias, Alemania y Estados Unidos, con el objetivo de superar en la capacidad de producción (a bajos costes), a China apalancándose con la introducción de tecnología industrial en las maquinarias y equipos de control digital, robots y uso de sistemas tecnológicos con alta conectividad para lograr altos volúmenes de productos con calidad y pocos desperdicios.

Considerando que el nivel de contaminación ambiental resultante de **los procesos industriales y el uso de productos es de un 8,7% y la gestión de residuos es de un 3,7%**, según estudio presentado en el quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), también acota que las actividades humanas de los últimos 50 años hayan contribuido al calentamiento global. ((IPCC), 2019), genera la creación de una legislación específica para el control del impacto de los resultantes de los procesos de producción en el medio ambiente y la gestión de sus desechos. Esta legislación requiere esfuerzos imperativos de vigilancia y cambios inmediatos en el tipo y uso en su totalidad de los elementos para fabricar productos, en las formas de procesamiento, específicamente la atención se centra en aquellos elementos que le proveen las características de durabilidad y su tiempo de vida.

La materia prima e insumos que permite mayor durabilidad y más tiempo de vida está basado en materiales confeccionados desde una gestión química y en su mayoría provienen de recursos no renovables, aumentando el impacto nocivo en el medio ambiente.

Con la finalidad de crecer, satisfacer al cliente, lograr el índice de rentabilidad y cumplir con la legislación del medio ambiente, las industrias están conscientes que es necesario incluir en el diseño de proceso de producción ciclos rentables, más productivos y productos con características más reutilizables, que no contaminen el ambiente y utilicen sustancias más naturales y seguras.

La proliferación de industrias en el mundo, está representada en los últimos diez años, en primer lugar, por países del oriente, China, Taiwán, Hong Kong y Corea del Sur, Unión Europea, Estados Unidos, seguido de Japón y otros, pero inicialmente liderizaba era la Unión Europea seguido de China, Taiwán, Hong Kong y Corea del Sur. Ver imagen 1.

Hoy en día, el fin de las industrias es proveer productos o subproductos casi al 100% biodegradables, reusables y seguros para el humano y su entorno. Las empresas deben gestionar este logro bajo una operación rentable desarrollada bajo un nuevo diseño de procesos enfocado a metodologías sistémicas-cibernéticas y factores ecológicos, es decir, su planeamiento y sus inversiones deben ser diseñados y ejecutados considerando las últimas herramientas propuestas por la ingeniería concurrente, como lo promueven las industrias inteligentes, ingeniería verde, química verde, ecología industrial, y biomimética. Ver imagen 2.

La ingeniería verde nace de la gestión de diseño sistemático de la llamada química verde, que tiene como objetivo gestionar el diseño de productos desde sustancias químicas con bajo impacto tóxico y alto nivel biodegradable. La ingeniería verde enfatiza acciones desde el

diseño del proceso de producción para lograr la sostenibilidad en toda la gestión de producción y el ciclo de vida del producto. Para establecer mejor el alcance de estos conceptos, se entiende a la ingeniería verde como el: *“diseño, comercialización y uso de procesos y productos, técnica y económicamente viables, que, a su vez, cumplen con el criterio de no ser contaminantes, como elemento dentro del proceso de la fabricación hasta el proceso de consumo y disposición final.”* (Gómez Cívicos, 2008)

Para aplicar la ingeniería verde se establecen doce principios, propuestos por Paul Anastas y Julie Zimmerman y publicados en Environmental Science and Technology. Indican que hay dos conceptos fundamentales que los Ingenieros deben integrar en su diseño: "el ciclo de vida y el primer principio de la ingeniería verde, la inherencia". (Camacho, Muñoz, & Freund, 2019).

1. Intrínseco es mejor que circunstancial: garantizar que los materiales, entradas y salidas de energía sean tan intrínsecamente no peligrosos como sea posible.
2. Prevención en lugar de tratamiento: Es mucho mejor prevenir los desechos y la contaminación que enfocarse en el tratamiento de residuos una vez obtenidos.
3. Diseñar para la separación: Las operaciones de separación y purificación deben ser diseñadas para minimizar el consumo de energía y materiales usados.
4. Maximizar la eficiencia: Los productos, procesos y sistemas deben diseñarse para maximizar la eficiencia de masa, energía, espacio y tiempo.
5. Los productos, procesos y sistemas deberían estar orientados hacia la “producción bajo demanda” (“output pulled”) más que hacia el “agotamiento de la alimentación” (“input pushed”).
6. Conserve la complejidad: La entropía y la complejidad integradas deben considerarse como una inversión cuando se toman decisiones de diseño sobre reciclaje, reutilización o disposición de un producto al final de su vida útil.
7. Durabilidad en lugar de inmortalidad: Lograr la durabilidad, no la inmortalidad, de un producto debe ser un objetivo fundamental en el diseño de productos. Al diseñar un producto duradero y biodegradable, los impactos ambientales a largo plazo se reducen significativamente.
8. Satisfacer la necesidad, minimizar el exceso: El diseño para una capacidad innecesaria debe considerarse un defecto de diseño. A menudo se gastan recursos innecesarios en el “diseño en exceso” de un producto o proceso con la intención de cubrir “posibles demandas”, independientemente del tiempo que lleve hacerlo, el espacio que ocupe o las condiciones operativas.

9. Minimice la diversidad de materiales: La diversidad de materiales en productos multicomponentes debe minimizarse para promover el desensamblaje y la retención de valor. Los principios anteriores analizan el deseo de recuperar y reciclar los materiales.

10. Integrar materiales locales y aprovechar los flujos de energía: el diseño de productos, procesos y sistemas debe incluir la integración y la interconectividad con los flujos de energía y materiales disponibles. La utilización de los flujos de energía y materiales existentes aumentará la eficiencia. Reutilizar el calor perdido o los materiales existentes de los procesos adyacentes reduce el consumo de materias primas y mejora la eficiencia del ciclo de vida del proceso y la sostenibilidad del producto.

11. Diseñe para un “fin de vida útil” comerciable: Los productos, procesos y sistemas deben diseñarse tomando en consideración su utilidad luego de cumplir el objetivo con el que fue creado. Incorporar componentes cuya función y valor pueda ser recuperado para ser reusado luego de un “fin de vida útil” prematuro debe ser una parte fundamental en el diseño.

12. Renovable en lugar de extractivista: Las entradas de materia y energía deben provenir de fuentes renovables en la mayor cantidad posible.

Para entender la dinámica de las últimas herramientas propuestas en la ingeniería concurrente en los diseños de los sistemas de producción sostenible, enfatizando el concepto de ingeniería verde, se describe brevemente su objetivo y su conceptualización a continuación:

- Industrias inteligentes:

Esta industria nace como resultado de la cuarta revolución industrial (industria 4.0), responde a la estrategia dual alemana. “Esta estrategia busca liderizar la oferta de equipos y soluciones para la producción industrial y su aplicación en entornos industriales mediante la integración de la cadena de valor y la digitalización de todo el proceso productivo.” (aspromec, 2019). Ver imagen 3.

El diseño de procesos industriales sostenible aplicando la combinación de la estrategia, proceso, hoja de ruta, componentes, elementos, recurso humano con una sinergia de plataformas de sistema para el control y la automatización con la presencia de robots o de una aplicación de sistema programado para la ejecución de funciones se logra introduciendo las industrias inteligentes.

Con la industria 4.0 las empresas pueden apoyar su diseño de proceso industrial sostenible incluyendo un sistema que mida y controlen, por citar, la cantidad de materia prima química y natural utilizada, desechos por proceso y por devoluciones, factor energético, entre otros aspectos importantes de cuantificar para una mejor gestión social y operativa. Sin

embargo, surge como consecuencia de la búsqueda en lograr producir altos volúmenes de productos a bajos costos.

- Química Verde, combinada con Ingeniería Verde llamada Química Sustentable

La naturaleza multidisciplinaria de la Química Verde ha sido reconocida mundialmente como una ruta para el desarrollo de productos y procesos químicos con un menor impacto ambiental. (Camacho, Muñoz, & Freund, 2019).

El crecimiento de las industrias químicas durante el siglo XX fue exponencial debido a la demanda mundial de materia prima e insumos para fabricar las industrias a gran escala productos, producían para ofertar más, sin considerar índices de venta o no. El impacto del uso y desuso de los productos químicos en el medio ambiente y en la sociedad es a gran escala, profundo e incuantificable, de estos productos se obtienen variadas propiedades, una como la durabilidad, permitiendo ciclos de vida más largo, versatilidad y adaptabilidad, características que proveen los llamados polímeros, grupos de plásticos creados, que representan hoy en día el material de mayor uso como materia prima y el generante del desecho, a gran escala, más difícil de descomponer y erradicar. Con este antecedente, las empresas fabricantes de productos industriales químicos están aplicando una nueva metodología en sus procesos llamada química verde, que tiene como fin diseñar y producir elementos amigables al medio ambiente, menos o no tóxicos, combinando en el diseño del producto el concepto de economía circular y también implementando tecnologías limpias, aumentando el uso de sustancias resultantes de recursos naturales y menos sustancias contaminantes.

En algunos procesos existen materiales que están involucrados en un ciclo de producción, pero no son estrictamente convertidos, se adquieren como materia prima y luego de ser procesado quedan como residuos a ser tratados.

La Química Verde propone el uso de productos químicos dentro del diseño de procesos y para la preparación de un producto final, porque su impacto es menor en materia de medio ambiente y social. Esta química contempla un enfoque holístico en el cual se incluyen la aplicación de la filosofía de la Química Verde, los principios de la Ingeniería Verde y el establecimiento de un programa multidisciplinario. El término “sustentable” es más amplio que el “verde” (Krähling, 1999). Así, la Química Verde se encarga de la "sustentabilidad del ambiente" ocupándose del asunto a nivel molecular, centrándose principalmente en el diseño de productos y procesos químicos de riesgos reducidos, en el uso eficiente de materiales y energía, y en el desarrollo de recursos renovables. (Sierra, Meléndez, Ramírez-Monroy, & Arroyo, 2014)

La sustentabilidad de la sociedad dependerá de asegurar el suministro de fuentes de energía, alimentos sanos y productos químicos amigables con el humano y su medio ambiente a largo plazo. (Doria Serrano, 2009).

- Ecología Industrial

La química verde, desde un análisis químico, evalúa y define sustancias, elementos e insumos a través de recursos naturales como insumo alternativo biodegradable y no tóxico para las industrias. Además de esto, las industrias ecológicas incluyen el uso de energía obtenidas de fuentes limpias, incluyen en sus costos la administración de la gestión ambiental y también el concepto de economía circular.

- Biomimética

Esta representa una tecnología innovadora que permite la gestión de la producción usando energías obtenidas de las formas y diversidad que se encuentra en los elementos o las formas de la naturaleza desde su planificación (previa al cliente): diseños de equipos, maquinarias y versatilidad del producto fabricado y diseño innovador del producto para su uso óptimo y también, en unos casos el uso de su propio empaque (post al cliente), como economía circular.

Estas metodologías de aspectos ecológicos incluidas en el diseño de proceso de producción generan la sostenibilidad que permitirá la continuidad del ciclo productivo en equilibrio con el medio ambiente y con la sociedad.

Para alinear los esfuerzos de colaboración y cumplimiento de los países a nivel mundial, existen varios tratados, convenios y protocolos internacionales que dictan las políticas mundiales en el tema de protección del medio ambiente. A nivel occidental (con baja participación industrial), a través del CEPAL se encuentra en la etapa de divulgación las Políticas industriales y tecnológicas en América Latina, (Unidas, 2017). Esta política obedece a una respuesta anticipada de las acciones de productividad y consumo responsable que iniciarán en América Latina de acuerdo con las proyecciones económicas que indican el retorno de fabricación en sus propios países como solución única para enfrentar el desempleo generado de la crisis económica y social mundial. Es importante anticipar el desarrollo de planes en pro de diseños productivos sostenibles para mitigar el avance en el deterioro de la salud (sociedad) y de su entorno (medio ambiente).

El enfoque es diseñar procesos de producción sostenibles, esto significa que se debe tener claro que *“Tenemos que inspirarnos en la naturaleza en donde no existe el concepto de desperdicio.”* (Zacarías, 2018).

Luego de definir y documentar las características relativas a las decisiones para el desarrollo de diseños de procesos de producción sostenible, los doce principios de ingeniería sostenible o verde y últimas herramientas de ingeniería concurrente sostenible, se confirma que son los principios de ingeniería verde los que logran incluir los aspectos de sostenibilidad en los procesos de diseño de sistema de producción industrial porque los principios de ingeniería verde han sido aplicados para el desarrollo de las últimas herramientas propuestas

en la ingeniería concurrente y por ello también, deben ser aplicados en los diseños de los sistemas de producción industrial para otorgarle el grado de sostenible a las industrias.

De acuerdo con cualidades y elementos definidos en los diseños de sistemas de producción versus los principios de la ingeniería verde, se establece una vinculación con el fin de categorizar como sostenible o no cada etapa en el sistema de diseño. A continuación, el resultado de la vinculación:

| <b>Conceptos Claves de DSP (toma de decisiones)</b> | <b>Diseños de Sistemas de Producción (DSP)</b>   | <b>Factores de la Ingeniería Verde</b>   | <b>Vinculación con los conceptos claves de DSP y Factores de la Ingeniería Verde</b>  |
|---|--|--|---|
| Producto  | Estudio de mercado y Demandas estimadas de la producción.  | Industrias inteligentes y Ecología Verde | Producir según necesidad y evitar exceso de producción. (Industrias inteligentes y Ecología Verde)  |
| Proceso   | Proceso productivo y clases de bienes, de equipo y el flujo de trabajo.  | Química Verde y Ecología Industria       | Proceso corto, bienes más ecológicos y reutilizables, flujos de trabajo con menos uso de energías e inocuas. (Química Verde y Ecología Industrial).                   |
| Capacidad   | Determinación de la capacidad productiva e inversión de bienes de equipo e instalaciones técnicas.   | Química Verde                            | Comprar para alto y bajo volumen de procesamiento, con uso alternativo de los productos en proceso (en cualquier etapa), instalaciones más compactas. (Química Verde) |
| Inventarios   | Tipos de materia prima, de insumos y otros necesarios, fijar el nivel general de inventarios, diseño para su control, conservación y descarte. | Ecología Industrial                      | Especificar tipo de material, insumos y otros ecológicos y biodegradables de fácil manejo y desintegración no tóxica al ambiente. (Ecología Industrial)               |
| Localización y distribución en planta               | Determinación de la localización y distribución física de la planta (lay-out).   | Biomimética y Ecología Industrial        | Espacios más compactos, diseños más parecido a las formas diversas de la naturaleza (Biomimética), y su ubicación en áreas provistas de manejo de                     |

|                  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|
|                  |  |  | desechos. (Ecología Industrial)  |
| Tareas y puestos | Diseño de tareas y puestos de trabajo, valoración y tipo de operario (humano, máquinas, robots o mixto). | Industrias inteligentes                                    | Diseños de plantas con bajo uso de energías renovables e inocuas, tareas definidas por tipo de operario y el tipo de control de los procesos y la generación mínima de desechos todo bajo control apoyado de TIC'S (Industrias inteligentes)   |
| Calidad          | Plan de Mejora de la calidad.  | Industrias inteligentes                                    | Industrias inteligentes  |
| Mantenimiento    | Plan de prevención y renovación de equipos.  | Biomimética, Ecología Industrial y Industrias inteligentes | Las empresas con un diseño de proceso industrial sostenible, pueden con equipos diseñados con tecnologías de gestión eficiente y eficaz medir y controlar la cantidad de materia prima química y natural utilizada, desechos por proceso o devoluciones, factor energético limpio y renovable, entre otros aspectos importantes de cuantificar para una mejor gestión social y operativa y preventiva de impactos nocivos. Sin embargo, es consecuencia de la búsqueda en lograr disminución de los costos asociados a los procesos de producción. |

En el anexo No. 1 se presenta la Hoja de Cotejo para el Diseño de Sistemas de Producción (DSP), hacia la Sostenibilidad según los Principios de Ingeniería Verde que proponemos para el desarrollo de un diseño de sistemas de producción sostenible, luego de armonizar los conceptos claves para la toma de decisiones de DSP y los doce principios de ingeniería verde.

## Conclusiones

Las empresas productoras deben evolucionar rediseñando sus procesos de producción para introducir los cambios con conceptos de gestión ecológica, esto permite la dinámica eficiente entre la gestión operativa y la receptividad social de lo que producen.

Los diseños de procesos industriales con enfoque sostenible han tomado auge en la acción generada desde la conciencia o responsabilidad social, donde sus elementos, sistemas, máquinas, empresas, recursos naturales y no naturales, están siendo diseñados desde una gestión y perspectiva ecológica y biodegradable.

Para mitigar el grado actual de deterioro de la salud de la población y la contaminación ambiental que generan los procesos industriales, se introducen términos ecológicos, como los conceptos de biomimética, ecología industrial o química verde, conocidos, en su conjunto como la llamada ingeniería verde. La aplicación de estos conceptos plasmado en un diseño del proceso de producción, logra introducir, a través de un diseño de producción sostenible proveer de elementos o productos biodegradables con ciclos de vida reducidos, solo para el cumplimiento de su fin, porque se complementa el uso de tecnologías limpias, materia prima, insumos, energías resultantes de recursos renovables durante el ciclo del proceso hasta su ciclo de vida ya no útil.

Para la aplicación y la practicidad de estos conceptos, es imperativo establecer una estrategia sostenible para la producción y la operación de las empresas hasta la vida no útil del producto, a través de un diseño de procesos de producción sostenible con una política de control, tal cual la establece el CEPAL (Unidas, 2017).

La gestión de producción se diseña actualmente bajo varios enfoques, uno está relacionado al control de desperdicios durante los ciclos de fabricación y de vida del producto incluyendo desde el uso de energías limpias, introducción de tecnología y robótica, ingeniería inteligente la llamada ingeniería 4.0 o sociedad 4.0 para los japoneses que buscan mitigar el avance logrado por Alemania en la inclusión de tecnologías inteligentes, hoy llamada sociedad 5.0.

La Ingeniería verde combina desde su inicio metodologías y procesos de buenas prácticas de producción con diseños desde una motivación ecológica, para aplicar sistemas de procesamiento, de distribución y de uso de elementos o productos, con características técnicas y económicas sostenible (no contaminantes), desde su fabricación hasta su uso y disposición final.

Algunos países han creado conciencia sobre el diseño del proceso de producción sostenible, creando herramientas y guías para elaborar un diseño de producción sustentable. (Nación, 2017).

Como tema importante a considerarse en el diseño de los procesos de producción sostenible se hace necesario crear un glosario de desintegración que defina información para el usuario o consumidor sobre el proceso de descarte óptimo del producto y también, si aplica, uso diverso de su envase posterior a su fin.

## Referencias Bibliográficas

### Bibliografía

(s.f.). Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Biotecnolog%C3%ADa#:~:text=La%20biotecnolog%C3%ADa%20\(del%20griego%20CE%B2%CE%AF%CE%BF%CF%82,o%20procesos%20para%20usos%20espec%C3%ADficos.](https://es.wikipedia.org/wiki/Biotecnolog%C3%ADa#:~:text=La%20biotecnolog%C3%ADa%20(del%20griego%20CE%B2%CE%AF%CE%BF%CF%82,o%20procesos%20para%20usos%20espec%C3%ADficos.)

(IPCC), i. e. (2019). Las decisiones que adoptemos ahora son fundamentales para el futuro de los océanos y la criosfera. *COMUNICADO DE PRENSA DEL IPCC* (pág. 7). Monaco: Secretaría del IPCC.

Adams, C. A. (2015). Sostenibilidad y la empresa del futuro. *BBVA-OpenMind*, 1. Obtenido de <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/sostenibilidad-y-la-empresa-del-futuro/>

aspromec. (5 de marzo de 2019). <https://aspromec.org/>. (L. I. orígenes, Ed.) Obtenido de <https://aspromec.org/la-industria-4-0-y-sus-origenes/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20Industry%204.0%2C%20acu%C3%B1ado,la%20oferta%20de%20equipos%20y>

Camacho, C., Muñoz, J., & F. R. (diciembre de 2019). Los aspectos y principios básicos de la química verde, la ingeniería sostenible, la sostenibilidad y la economía circular. (R. C. Caràcter, Ed.) *Revista Caràcter*, 7, 40-41. Obtenido de [file:///C:/Users/IMPREC~1/AppData/Local/Temp/Los\\_aspectos\\_y\\_principios\\_basicos\\_de\\_la\\_quimica\\_ve.pdf](file:///C:/Users/IMPREC~1/AppData/Local/Temp/Los_aspectos_y_principios_basicos_de_la_quimica_ve.pdf)

Carro Paz, R. G. (2012). *ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES*. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.

- Cedeño, A., & Lòpez, J. (2014). *La Evoluciòn de los Procesos Productivos a lo largo de Historia*. Maturìn, Venezuela: Universidad de Oriente Nùcleo Monagas.
- Cedeño, F. (2000). <https://www.ciberconta.unizar.es/>. Obtenido de <https://www.ciberconta.unizar.es/leccion/desapro/100.HTM>
- cepal. (s.f.). Obtenido de <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible>
- Consultores, C. (12 de enero de 2018). <https://ctmaconsultores.com/>. (c. consultores, Editor) Obtenido de <https://ctmaconsultores.com/sistema-gestion-calidad/>
- Cross, N. (2002). *Métodos de Diseño*. Mèxico D. F.: Grupo Editorial Limusa, S.A. Obtenido de <http://metodologiayproyectofinal.blogspot.com/2018/03/metodologia-de-diseno-por-nigel-cross.html>
- Diehl, D. M. (2007). *DISEÑO PARA LA SOSTENIBILIDAD*. Portugal: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Obtenido de <http://www.d4s-de.org/d4sspanishlow.pdf>
- Doria Serrano, M. d. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *scielo*, 1. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2009000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000400004)
- español, E. (17 de octubre de 2019). *concienciaeco.com*. *Estas son las 20 empresas que destruyen el planeta pero que siguen expandiendo sus negocios* . Obtenido de [https://www.elespanol.com/ciencia/medio-ambiente/20191017/empresas-destruyen-planeta-siguen-expandiendo-negocios/436956926\\_0.html](https://www.elespanol.com/ciencia/medio-ambiente/20191017/empresas-destruyen-planeta-siguen-expandiendo-negocios/436956926_0.html)
- Gómez Cívicos, J. I. (2008). Ingeniería verde : doce principios para la sostenibilidad. (Alción, Ed.) *Virtual Pro* . Obtenido de <https://www.virtualpro.co/biblioteca/ingenieria-verde-doce-principios-para-la-sostenibilidad>
- Gonzalez M., M. (s / f). *Universidad de Londres*. Obtenido de <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Metodologia%20del%20Dise%C3%B1o.pdf>
- Jaèn, I., & Villanueva, P. (14 de Febrero de 2013). *academica-e.unavarra.es*. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/7067/578005.pdf?sequence=1>
- Julio. (26 de noviembre de 2013). <https://www.concienciaeco.com>. Obtenido de <https://www.concienciaeco.com/2013/11/26/90-empresas-responsables-del-60-del-calentamiento-global/>
- López, J. (s.f.). *www.factoriadelfuturo.com*. Obtenido de <https://www.factoriadelfuturo.com/que-es-la-industria-4-0/>
- Naciòn, M. d. (2017). <http://www.cts.fra.utn.edu.ar>. Obtenido de [http://www.cts.fra.utn.edu.ar/xframework/files/entities/contenidos/12/Modulo-I\\_-Sustentabilidad\\_Procesos\\_Productivos\\_01.pdf](http://www.cts.fra.utn.edu.ar/xframework/files/entities/contenidos/12/Modulo-I_-Sustentabilidad_Procesos_Productivos_01.pdf)

- Plataform, I. O. (2015). <https://www.iso.org/obp/>. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Prieto, G. (23 de junio de 2020). <https://www.geografiainfinita.com>. Obtenido de <https://www.geografiainfinita.com/2020/06/los-paises-mas-industrializados-del-mundo/>
- Riba, C. (2006). *Ingenieria Concurrente*. Catalunya, España : Universitat Politècnica . Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/7851/Riba-Molina-2006-Ingenier%C3%ADa%20concurrente...secci%C3%B3n%20II-v5.pdf>
- Sierra, A., Meléndez, L., Ramírez-Monroy, A., & Arroyo, M. (Julio de 2014). La química verde y el desarrollo sustentable. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 5, 5-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4981/498150317001.pdf>
- Soledad R., B. E. (01 de julio de 2018). Enseñanza de la Química Sostenible en las carreras de ingeniería. (Revista de Química, Ed.) 32. Obtenido de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/19578/20113>
- Unidas, N. (noviembre de 2017). (N. Unidas, Ed.) Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42363/4/S1700602\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42363/4/S1700602_es.pdf)
- Vargas, O. C. (2014). Ingeniería verde, una opción sustentable para la producción en masa. *ITESO, UNIVERSIDAD JESUITA DE GUADALAJARA*, 1.
- Zacarías, A. (12 de noviembre de 2018). ¿Qué es la economía circular y cómo cuida del medio ambiente? *Noticias ONU*, pág. 1. Obtenido de <https://news.un.org/es/news/topic/climate-change>



**Conexión a la Internet de los Estudiantes del Centro Regional  
Universitario de Coclé, entre el año 2021 y el año 2022**

**Internet Connection of the Students of the Regional University  
Center of Coclé, between 2021 and 2022**

Ariel José García Aguilar  
Universidad de Panamá  
profearieljgarcia@gmail.com  
ORCID.ORG/0000-0002-8133-3215

Recibido:8/4/2021 Aceptado: 18/9/2021 Publicado: 15/7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

Resumen

Ante un nuevo escenario global debido a Pandemia por COVID-19 procedimos a medir la variable *conexión a internet* y las *ventajas/desventajas* de las clases virtuales en nuestro entorno socio-educativo; así nacen dos investigaciones, en momentos diferentes, (en el año 2021 y en el año 2022); esta publicación corresponde a la síntesis del proceso investigativo. Para lo cual aplicamos la herramienta estadística Chi-Cuadrado para determinar si existían diferencias, *estadísticamente significativas*, en las modalidades de conectarse a la internet de los estudiantes del Centro Regional Universitario de Coclé entre el año 2021 y el año 2022.

**Palabras clave:** clases virtuales, TIC, pandemia por COVID-19.

## Abstract

Faced with a new global scenario due to the COVID-19 Pandemic, we proceeded to measure the Internet connection variable and the advantages/disadvantages of virtual classes in our socio-educational environment; thus, two investigations are born, at different times, (in the year 2021 and in the year 2022); this publication corresponds to the synthesis of the investigative process. For which we applied the Chi-Square statistical tool to determine if there were statistically significant differences in the modalities of connecting to the Internet of the students of the Regional University Center of Coclé between the year 2021 and the year 2022.

**Keywords:** virtual classes, ICT, COVID-19 pandemic.

## Introducción

La Pandemia por COVID-19 ha cambiado la vida de la mayoría de los habitantes del planeta Tierra, modificando las formas de cuidarnos ante las enfermedades, de alimentarnos, de movilizarnos, de comunicarnos dentro de los nuevos procesos educativos, en su mayoría virtuales.

El aprendizaje en línea se divide en dos categorías: aprendizaje sincrónico y asincrónico. El primero se refiere a aquella educación donde los alumnos tienen la oportunidad de aprender e interactuar en el momento (o “en vivo”) con su profesor y sus compañeros. Más a detalle, el sincrónico es un tipo de aprendizaje grupal ya que todos están aprendiendo al mismo tiempo. El aprendizaje asincrónico es aquél que puede suceder en vivo o estando desconectados a través de videos, material o recursos educativos previamente proporcionados por la profesora o profesor, es decir, la clase aprende lo mismo pero cada alumno a su ritmo.(Delgado, 2020)

Que muestra cambios cuantitativos y cualitativos de los estudiantes en relación a las modalidades de conectarse a la internet y su relación con la TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). Siendo este es un estudio comparativo – relacional de la misma población (con diferentes muestras de estudiantes del Centro Regional Universitario de Coclé.

Alejandro Morduchowicz nos plantea que una forma para medir la eficiencia, eficacia y equidad de los procesos educativos es a través de la información cuantitativa.

No obstante, no siempre está disponible y, cuando lo está, se encuentra dispersa, a veces resulta difícil de interpretar o, directamente, comprender. Este tipo de información permite que las discusiones y, tanto o más importante que ello, las decisiones de política, se sustenten sobre bases empíricas. (Morduchowicz, 2006)

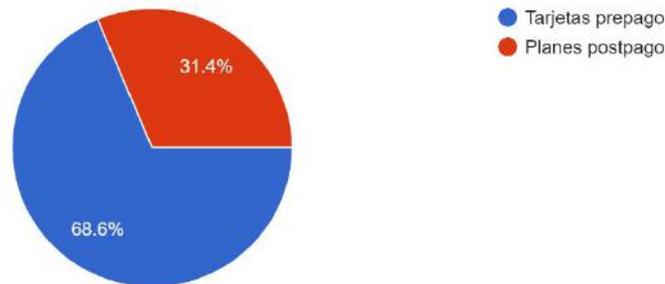
La primera encuesta se realizó en el año 2021 (respondieron a la misma 98 alumnos matriculados) y la segunda encuesta se realizó en el verano 2022 (respondieron a la misma 128 alumnos matriculados, formalmente, en Centro Regional Universitario de Coclé (dependencia de la Universidad de Panamá).

Entendiendo, que “para que una medida estadística pueda constituirse en un indicador (**educativo**), debe ser comparable: estas comparaciones pueden ser a través del tiempo...”. (Morduchowicz, 2006)

Contestaremos la siguiente pregunta:

*¿Existen diferencias, estadísticamente significativas, en las modalidades de conectarse a la internet de los estudiantes del Centro Regional Universitario de Coclé en los años 2021 y 2022?*

Se conecta a la internet a través de:  
118 respuestas



**Fuente:** encuesta realizada por el autor en el año 2022.

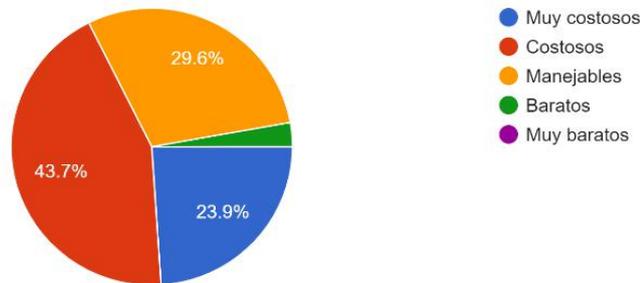
En la segunda encuesta el 68.6% de los estudiantes encuestados manifestaron que se conectaban a través de tarjetas prepagadas y el 31.4% se conectan desde sus casas a través de planes de postpago. Situación que ha variado desde el inicio de la Pandemia por COVID-19, donde la mayoría de los estudiantes se conectaban con tarjetas prepagadas; en trabajos previos, con la misma población estudiantil, los estudiantes encuestados manifestaban que el 90.2% se conectaba a la internet a través de tarjetas prepagadas en el año 2021. (García, 2021)

Esta situación se correlaciona con la información que suministraron los operadores de las telecomunicaciones en la República de Panamá, que reportan un aumento exponencial de los contratos para el suministro de data.

“La pandemia ha dejado varias enseñanzas al sector de las telecomunicaciones panameño. Aunque la transformación digital forma parte del ADN de las compañías del sector, también tuvieron que adaptarse para responder con más rapidez a la enorme demanda de datos y conectividad de internet que se disparó entre 40% y 45% en 2020.” (Martes Financiero, 2021)

Entre más tiempo pasaba más familias contrataban planes de internet de data ilimitada, en el que se pueden conectar varios usuarios.

Considera que los costos de conectarse a internet son:  
71 respuestas



**Fuente:** encuesta realizada por el autor, en el año 2021.

Sigue siendo costosa la comunicación de los estudiantes a través de la internet. Variable que se mantiene constante en la ecuación (k), a través del tiempo. Mientras en otras latitudes los costos de la banda ancha fija son menores que en la República de Panamá.

“Los hogares colombianos, por ejemplo, tienen que desembolsar unos 25 dólares estadounidenses por mes para contar con banda ancha fija. Al otro lado de la frontera, los panameños pagan más del doble, unos 66 dólares mensuales, por el mismo servicio. En México, el precio promedio se sitúa en 29 dólares, mientras que en Perú ronda los 40 dólares. Aun así, la cotización más accesible del continente se la lleva Argentina, donde el costo promedio de la banda ancha no supera los 20 dólares mensuales.” (Pasquali, 2021)

Este hecho socio-económico, en particular, es un factor que propicia la deserción estudiantil en los diferentes niveles de educación. Situación que impacta, directamente, en la brecha social existente. Maryse Robert plantea que la educación, de buena calidad, es una herramienta para reducir las desigualdades.

“(…) hay que trabajar más para mejorar el acceso a la educación de buena calidad, uno de los principales factores determinantes de la reducción de la desigualdad. Como se señala en el artículo sobre la educación, una población con un mejor nivel de educación podrá aprovechar la nueva tecnología y ser más productiva y competitiva. La educación es un

instrumento eficaz para empoderar a la gente y reducir la desigualdad.” (Robert, 2013)

Sabemos por experiencia que no es lo mismo trabajar desde la pantalla de un celular a trabajar con la pantalla de una computadora de mesa o una computadora portátil. “El tamaño de la pantalla que presenten los dispositivos con los que vayamos a trabajar: han de permitir responder a las necesidades específicas de los alumnos con los que vayamos a utilizarlas.” (Román-Graván, et al., 2020).

### **La brecha digital**

La actual crisis de la Pandemia por COVID-19 ha creado alternativas educativas y culturales para algunos sectores, a la vez que ha profundizado la brecha digital en otros; con los números agregados que nos proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) no es suficiente para esquematizar y comprender las profundas asimetrías socio-tecnológica que existen en estos momentos, sobre todo en las áreas rurales con nula o mínima conectividad.

Los indicadores de penetración de Internet suelen ser engañosos. Usualmente las cifras que se proveen son promedios globales, regionales y/o nacionales, que no permiten ver las diferencias entre sectores sociales, entre regiones, o entre áreas urbanas, suburbanas, rurales e indígenas. Aunque es posible conseguir algunos datos, estos se encuentran dispersos en diversas fuentes y carecen de un mínimo de estandarización.” (Urribarri, 2021).

Definitivamente la Pandemia por COVID-19 evidenció las asimetrías socio-económicas y profundizó otras de nuevo tipo como el capital tecno-cultural aplicado a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Tecnologías que nos permiten el teletrabajo y la educación virtual (sincrónica y/o asincrónica).

Hay diferencias de conectividad entre las áreas urbanas y las áreas urbanas. “Por ejemplo, Bogotá tiene una conexión a internet del 75.5%, frente a departamentos como el Amazonas del 5.0%.” (DANE, 2018)” (en Briceño, John J. y Castellanos, M., 2021)

Aún con estas desigualdades entre las áreas rurales, muy alejadas de las ciudades y las áreas urbanas. Muchos estudiantes de las áreas periféricas de las ciudades han podido acceder a las clases virtuales suministradas por la Universidad de Panamá, permitiendo

una mayor democratización en la adquisición de saberes específicos de cada profesión y saberes culturales que se convierten con el tiempo en capital simbólico.

Como escribe Pierre Bourdieu: «la existencia del capital simbólico, es decir, del capital “material” en tanto que, no reconocido y reconocido, recuerda que la ciencia social no es una física social, sin invalidar por ello la analogía entre el capital y la energía: que los actos de conocimiento que implican el no reconocimiento y el reconocimiento forman parte de la realidad social y que la subjetividad socialmente constituida que los produce pertenece a la objetividad» (1991: 206)” (en Fernández, 2013)

### **Las TIC y la información como un campo de lucha**

Las luchas ya no son sólo militares y/o comerciales, hoy el acceso a la información es tan importante como las carreteras en el siglo veinte.

“Tal como lo señaló un estudio del Foro Económico Mundial, el crecimiento de datos y su procesamiento producirá un boom parecido al de la fiebre el oro en San Francisco en el siglo XIX, o el boom petrolero de Texas en el siglo XX. Los datos se han convertido en el nuevo equivalente del oro y del petróleo. Los países mejor preparados para acumular, procesar y analizar estos datos—estableciendo no sólo nuestros hábitos de consumo actuales—sino proyectando cuales serán nuestras preferencias futuras—serán los más prósperos.” (Oppenheimer, 2017)

Las desigualdades sociales en estos momentos involucran la apropiación de habilidades computacionales y la posesión de herramientas digitales (computadoras, celulares, tabletas) para integrarse a los *procesos educativos y al teletrabajo*.

“La desigualdad, por consiguiente, no se expresa solamente en la enorme diversidad adquisitiva de los ingresos de las personas (...). En suma, a la vulnerabilidad económica, producto de un nivel insuficiente e inseguro de ingreso, se unen otras desigualdades permanentes, que separan a distintas categorías de individuos en la sociedad y que no siempre se vinculan, al menos en su origen, a los temas económicos.” (Insulza, José Miguel, 2011)

A continuación, presentamos una tabla de contingencia 2x2

Se desarrollo una tabla de contingencia 2x2 para determinar si existían diferencias entre las modalidades de conectarse a la internet durante la Pandemia por COVID-19. Entendiendo que la misma ha impactado, hasta el momento, cinco semestres y dos veranos en los procesos educativos en la Universidad de Panamá.

*¿Existen diferencias, estadísticamente significativas, en las modalidades de conectarse a la internet de los estudiantes del Centro Regional Universitario de Coclé en los años 2021 y 2022?*

*Tablas de Contingencia*

| <b>Frecuencias reales</b>                    | Se conecta a través<br>tarjetas prepagadas | Se conecta a través<br>de planes postpago | Total, de respuestas |
|--|--|---|----------------------|
| Estudiantes<br>encuestados en el<br>año 2021 | 93   | 5   | 98                   |
| Estudiantes<br>encuestados en el<br>año 2022 | 81   | 37  | 118                  |
| Total  | 174  | 42  | 216                  |

**Fuente:** encuestas realizadas por el autor.

**Utilización de la fórmula estadística de Chi-cuadrado**

“Esta fórmula implica la distancia al cuadrado (euclidiana) entre las frecuencias observadas y las esperadas, por lo cual la fórmula registra qué tan "distante" está lo observado de lo esperado bajo la hipótesis de independencia. Si las 2 variables son independientes, estas diferencias deberían ser menores que en el caso contrario (dependencia); en consecuencia,  $c^2$  será más pequeña cuando la hipótesis nula es cierta que cuando es falsa. La decisión de rechazar o no la hipótesis nula de independencia entre las variables, se basa en la probabilidad de los valores obtenidos para  $c^2$ , pues con baja probabilidad (de ser mayores o iguales que éste) permiten el rechazo de la hipótesis nula o, en caso contrario, su no rechazo. (Pantoja-Rojas, Liliana María y Vargas, Edna Margarita, 2012)



Si el  $X^2$  calculado es mayor que el  $X^2$  de la tabla se rechaza  $H_0$ .

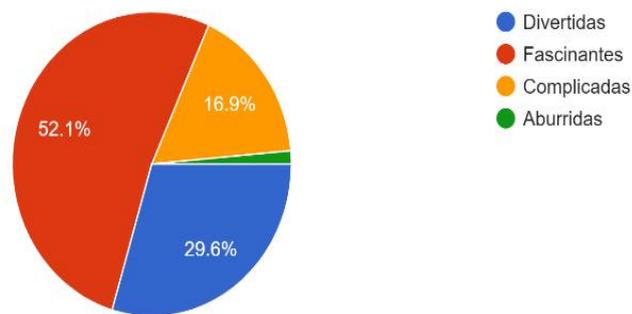
Si el  $X^2$  calculado es menor que el  $X^2$  de la tabla se rechaza  $H_1$ .

El  $X^2$  calculado es de 23.55 es mayor al  $X^2$  de la tabla (3,84) por lo tanto se rechaza  $H_0$ .

***Es decir, la diferencia observada no es producto del azar.***

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación son:

71 respuestas



**Fuente:** cuestionario realizado por el autor, en el año 2021.

El 51% de los encuestados consideraba que las nuevas tecnologías de la información son fascinantes y 30% las considera divertidas. Si los sumamos tenemos 81% de los estudiantes las considera fascinantes y divertidas. Siendo la Universidad de Panamá un catalizador para incorporar a esta generación de estudiantes a una nueva normalidad donde la utilización de las TIC juega un papel importante en la matriz socio-productiva.

Cambios disruptivos que generaron realidades nunca antes soñadas por los pedagogos o estudiosos de los procesos educativos. Hoy cada estudiante posee un celular inteligente que se convierte en una computadora fácilmente transportable a las diversas localidades. Siempre que exista conexión a internet.

Es importante comprender el contexto social donde se desenvuelven los estudiantes y profesores. “Por eso, cada vez con más frecuencia, se habla de indicadores educativos,

en contextos muy diferentes y haciendo referencia a realidades muy distintas.” (Morduchowicz, 2006). Aspecto de gran relevancia, en virtud de la heterogeneidad de los ambientes socio-familiares de los estudiantes encuestados.

A continuación, presentamos tres experiencias de estudiantes de la Facultad de Humanidades y que residen diversas comunidades.

## **Experiencias sobre las ventajas y desventajas de las clases virtuales, plasmadas por estudiantes que estudian en la Facultad de Humanidades, en el Centro Regional Universitario de Coclé**

Morán B., estudiante del curso Sociedad, Medio Ambiente y Desarrollo impartido en el Centro Regional Universitario de Coclé. (Actualmente, vive en la comunidad de Oajaca, corregimiento Chiquirí Arriba, distrito de Penonomé, cerca del nacimiento del río Zaratí (Hora y media de viaje en transporte colectivo de la comunidad de Oajaca a Penonomé).

“Me impactan las plataformas que los profesores utilizan, para darnos información sobre las clases. Además, nos enseñan como utilizarla, pues, ya que yo tenía poco conocimiento con el mundo de la tecnología; no sabía usar una computadora, pero llegó la modalidad educativa virtual y ¡estoy impresionada! Con lo que he logrado entender y aprender.

Algunas plataformas nos permiten comunicarnos no importando las distancias o donde vivimos. Deseo mucho conocimiento, nuevas formas de desempeñarme al realizar mis asignaciones, también me llama la atención la forma de investigación a través el internet que facilita saber lo que no logro entender, y la forma de cómo envío mis trabajos para que los profesores me califiquen. Me ayuda la virtualidad a tener un gran avance y asociarme de manera colaborativa, y sobre todo desenvolverme al hablar y tener esa relación comunicativa.” (Morán, 2022)

Abrigo, E., estudiante del curso Sociedad, Medio Ambiente y Desarrollo impartido en el Centro Regional Universitario de Coclé (Vive en las montañas del distrito de Santa Fe, provincia de Veraguas)

“Las clases virtuales han impactado de manera positiva y negativa en mi estudio colaborativo, además he desarrollado mis conocimientos y cualidades; compartiendo ideas con mis compañeros y conociendo más las virtudes de la tecnología; esto indica que las clases virtuales es una de las causas de los principales cambios en mi vida cotidiana.

La verdad que al principio me costó adaptarme a este entorno de las clases virtuales, porque no tenía mucho conocimiento de la tecnología, ni mucho menos de las plataformas que los profesores han utilizado para realizar las asignaciones.

Se me han presentado dificultades como de *no contar con equipo tecnológico adecuado, no cuento con internet estable para realizar mis asignaciones adecuadamente, tengo que caminar dos horas para adquirir un Wi-fi, que pagó 1 dólar por hora*, este es uno de los motivos por lo cual muchos de los estudiantes de mi comunidad no pudieron seguir adelante, como también por la falta de recurso tecnológico y un internet estable impiden que haya una continuidad en su proceso de aprendizaje. Todos estos obstáculos, que he tenido que pasar no fue un impedimento para poder seguir adelante, las consecuencias de estas clases virtuales fueron como una exhortación para seguir con el aprendizaje o alcanzar una meta. Aunque me queda un camino que recorrer y los efectos de estas clases virtuales se enfrentan a diferentes posturas no he dejado de seguir avanzando, de crecer, de crear historia y prepararme para un mejor futuro.” (Abrigo, 2022)

Ceballos M., estudiante del curso Sociedad, Medio Ambiente y Desarrollo impartido en el Centro Regional Universitario de Coclé (Vive en Natá de los Caballeros, cuarenta minutos de Penonomé)

“Las clases virtuales (...) han traído ventajas y desventajas dentro de la vida cotidiana de cada estudiante, un claro ejemplo de ello ha sido que gracias a las clases virtuales muchas personas han podido ingresar a las escuelas y universidades, ya que antes por diversos motivos, ya sea económicos o por encontrarse en comunidades lejanas no podían acceder a ellas, sin embargo no todo resulta beneficioso, puesto que muchos estudiantes han presentado problemas de conexión a la internet a lo largo de esta Pandemia, han afirmado que la educación virtual no es del todo fiable y que resulta difícil aprender en esta modalidad debido a lo complejo que puede ser para muchos aprender por sí mismos, sin la presencia de un profesor. Lo cierto es que las clases virtuales han traído mayor comodidad, pues dan mucho más tiempo para aquellos que trabajan o tienen otras responsabilidades, representan un menor gasto pues no se pagan pasajes diarios, ropas, uniformes o útiles escolares y pueden darse prácticamente en cualquier lugar. En

cuanto a lo personal me han ayudado a practicar mis habilidades con la tecnología y a conocer nuevas formas de aprendizaje.” (Ceballos, 2022)

## **Algunas conclusiones**

En virtud de trabajar en una línea de investigación se pudo entender la dinámica socio-tecnológica que se está desarrollando en la provincia de Coclé y la rápida adopción de las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones) en los procesos educativos, situación acelerada por la Pandemia del COVID-19.

Hoy día ciertas familias han invertido en comprar planes postpagos, de data ilimitada, para satisfacer la demanda del teletrabajo y principalmente atender las clases virtuales de sus familiares.

Un objetivo implícito de la educación en la Pandemia del COVID-19 es que profesores y alumnos compartiéramos las competencias y habilidades en el uso de las TIC para que los procesos educativos se desarrollarán en una forma fluida y adecuada.

Se muestra que la Universidad de Panamá, a través de sus docentes y estudiantes han jugado un papel innovador, en los procesos educativos, durante la Pandemia por COVID-19.

Estudiar los pros y los contras de las modalidades para conectarse a la internet es digno de nuevas investigaciones dentro de la Universidad de Panamá y otros centros de educación superior, ya que las clases virtuales (con sus modalidades sincrónicas y asincrónicas) han sido un acontecimiento único en la historia de la educación nacional y mundial.

Existe un ahorro en dinero y esfuerzos físicos para los estudiantes con las clases virtuales.

Las jóvenes de las áreas rurales son las que, mayormente, aprovechan estas oportunidades de estudio, situación que se reflejará en el próximo censo de Población y Vivienda.

En la medida que profundizamos en nuestra línea de investigación<sup>1</sup> observamos que la Pandemia por COVID-19 iba transformando, rápidamente, la ruralidad a lo largo y ancho de la República de Panamá. Lo cual estudiaremos en próximas investigaciones.

---

<sup>1</sup> “Se considera una línea de investigación personal, cuando esta ha si elegida por el propio investigador a razón de su curiosidad, su motivación personal, su deseo de conocer, su relación con el tema y su capacidad de asombrarse por el mismo, en términos simples, surge a partir de su necesidad de vivir experiencias investigativas.” (Supo, José y Zacarías, Héctor, 2020)

## Bibliografía

Abrigo, E. (2022). *Comunicación personal sobre el impacto las clases virtuales*, 15 de febrero, Panamá.

Briceño, John y Castellanos, Martha P. (2021). Percepciones de docentes universitarios frente al cambio de modalidad presencial a remota por la COVID-19: comparación entre profesores presenciales y virtuales. *Revista Educación Superior y Sociedad (vol.33)* UNESCO.  
<https://iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/article/view/v33i2-12/317>

Ceballos, M., (2022). *Comunicación personal sobre el impacto las clases virtuales*, 15 de febrero, Panamá.

Delgado, Paulette (2020). ¿Conoces las diferencias entre el aprendizaje sincrónico y asincrónico? ¿Sus ventajas y desventajas? *Instituto para el Futuro de la Educación*  
<https://observatorio.tec.mx/edu-news/aprendizaje-sincronico-y-asincronico-definicion>

Fernández, José Manuel (2013). Capital simbólico, dominación y legitimidad. Las raíces weberianas de la Sociología de Pierre Bourdieu, *Papers*, Universidad Complutense de Madrid, <https://papers.uab.cat/article/view/v98-n1-fernandez>

García, Ariel (2021). Educación continua y fluida en el Centro Regional Universitario de Coclé-Universidad de Panamá, año: 2021. *Revista Científica Guacamaya, Volumen 6 (1)*, 36-47.  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/guacamaya/article/view/2418/2215>

Insulza, José Miguel (2013). Desigualdad, democracia e inclusión social, en el libro *Desigualdad e Inclusión Social en las Américas, 14 Ensayos. Organización de Estados Americano (OEA)*. <https://www.oas.org/docs/desigualdad/libro-desigualdad.pdf>

Martes Financiero (10 de mayo 2021). Se dispara consumo de internet y datos móviles en Panamá. *Revista Martes Financiero*.  
<https://www.martesfinanciero.com/portada/se-dispara-consumo-de-internet-en-panama/>

Morán, B. (2022). *Comunicación personal sobre el impacto las clases virtuales*, 15 de febrero, Panamá.

Morduchowicz, Alejandro (2006). *Los indicadores educativos y las dimensiones que los integran*, Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación, UNESCO.  
<https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/01132.pdf>

Oppenheimer, Andrés (2017). *¡Crear o morir! La esperanza de América Latina y las cinco claves de la Innovación*. Primera impresión Debolsillo.

Pantoja-Rojas, Liliana María y Vargas, Edna Margarita Roa (2012). Factores relacionados con el diagnóstico de la tuberculosis mediante la prueba Chi-cuadrado para Bogotá (Colombia), *Revista Ingeniería Industrial*, vol.33 no.2 La Habana mayo-

ago. 2012. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362012000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362012000200003)

Pasquali, Marina (2021). Banda Ancha ¿En qué países latinoamericanos es más caro tener internet? *Statista*. <https://es.statista.com/grafico/23990/precio-de-internet-de-banda-ancha-fija-en-latinoamerica/>

Robert, Maryse (2013). La desigualdad y la inclusión social en las Américas: Elementos clave, tendencias recientes y caminos hacia el futuro, en el libro *Desigualdad e Inclusión Social en las Américas, 14 Ensayos. Organización de Estados Americano (OEA)*. <https://www.oas.org/docs/desigualdad/libro-desigualdad.pdf>

Román-Graván, et al. (2020). *Accesibilidad de las TIC para la diversidad funcional cognitiva*, Ediciones OCTAEDRO. [https://books.google.com.pa/books?id=UsfjDwAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_slider\\_clsmetadata\\_7\\_mylibrary](https://books.google.com.pa/books?id=UsfjDwAAQBAJ&hl=es&source=gbs_slider_clsmetadata_7_mylibrary)

Supo, José y Zacarías, Héctor (2020). *Metodología de la Investigación Científica. Para las ciencias de la Salud, ciencias Sociales y las Ingenierías* (Tercera Edición), Sociedad Hispana de Investigadores Científicos, Editorial BIOESTADÍSTICO EEDU EIRL.

Urribarri, Raisa (2021). *Panamá: La brecha digital en las noticias*, Centro Internacional de Estudios Políticos y Sociales-Panamá, CIEPS. <https://descargas.lacnic.net/lideres/raisa-urribarri/raisa-urribarri.pd>



**Revista Especializada de Ingeniería y  
Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805 -1874**

**Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022**

**VIVIENDA PREFABRICADA PARA TRABAJADORES EN LAS  
PLANTACIONES EN AMÉRICA CENTRAL ENTRE 1850 -1930.**

**PREFABRICATED HOUSING FOR PLANTATION WORKERS IN  
CENTRAL AMERICA BETWEEN 1850 -1930.**

Rómulo A. Cerón Calderón  
Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño  
ceronyceron@gmail.com  
ORCID.ORG/0000-0002-4714-9633

Recibido: 15/3/2022 Aceptado: 18/6/2022 Publicado: 7/2022  
Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

**RESUMEN**

La investigación tiene como objetivo, presentar las tipologías y sistemas prefabricados que se practicaron en América Central con métodos Balloon Frame y Platform Frame a partir de la segunda mitad del siglo XIX hasta los años 30's del siglo XX. Las nuevas propuestas de casas prefabricadas en serie producidas a partir de la tercera década del siglo XIX, fue un recurso industrial que se vendió por catálogo; sistemas modulares, ligeros, fácil y rápida construcción, lo que hizo posible la reubicación, reutilización y rehabilitación de los módulos residenciales. La

utilización de viviendas de madera fue un producto determinante en la colonización del Oeste Americano. En el Caribe y Centroamérica viviendas para los grandes proyectos de industrialización de ingenios, cafetales y bananeras, para albergar a la población administrativa como a los jornaleros y trabajadores. Además, se utilizaron como barracas o galpones, talleres, hoteles, escuelas, entre otros. Su materialización en la creación de New Town, construcción de puertos, ferrocarriles e infraestructuras, como apoyo de alojamiento, dinamizó la construcción de viviendas prefabricadas e hizo posible una oferta constructiva rápida, eficaz y dinamizante a partir de la mitad del siglo XIX hasta los albores de los años 30s, cuando converge en vivienda mixta. Consideramos que el artículo nos brinda un enfoque claro de cómo fueron las propuestas arquitectónicas que se practicaron en centroamérica para albergar temporalmente a los trabajadores y jornaleros que se afanaron en los centros de producción agrícolas.

**PALABRAS CLAVE:** Vivienda de madera, vivienda prefabricada, vivienda para trabajadores.

## **ABSTRAC**

The research study aims to present the typologies and prefabricated systems that were practiced in Central America with Balloon Frame and Platform Frame methods from the second half of the 19th century to the 30's of the 20th centuries.

The new proposals for prefabricated houses in series produced from the third decade of the 19th century, was an industrial resource that was sold by catalog; modular systems, light, easy and fast construction, which made possible the relocation, reuse and rehabilitation of residential modules.

The use of wooden houses was a decisive product in the colonization of the American West. In the Caribbean and Central America, housing for the large industrialization projects of sugar mills, coffee and banana plantations, to house the administrative population such as day laborers and workers. In addition, they were used as barracks or sheds, workshops, hotels, schools, among others. Its materialization in the creation of New Town, construction of ports, railways and infrastructures, as accommodation support, energized the construction of prefabricated houses and made possible a fast, efficient and dynamic construction offer from the middle of the 19th century until the dawn of of the 30s, when it converges in mixed housing. We believe that the article gives us a clear focus on how the architectural proposals that were practiced in Central America were to temporarily house the workers and day laborers who toiled in the agricultural production centers.

**KEY WORDS:** Wooden housing, prefabricated housing, housing for workers

## **INTRODUCCIÓN**

El artículo forma parte de una investigación que se está elaborando para cuantificar como evolucionó la vivienda para trabajadores y como incidió su uso en Panamá a partir de 1855 con la construcción del ferrocarril, canal francés en 1880 y el canal construido entre 1904 a 1914 por los norteamericanos. Por ello la investigación tiene como objetivo fundamental presentar los diferentes ejemplos de viviendas prefabricadas utilizadas para los trabajadores en plantaciones (ingenios, bananeras y cafetales) que se edificaron en América Central durante la segunda mitad del siglo XIX y principio del siglo XX y su influencia en Panamá. El uso de la vivienda en madera tiene su origen en el Caribe, con la influencia francesa e inglesa introduce los portales o varandas y es llevada al sur norteamericano, Luisiana específicamente, quien le hace adaptaciones al clima lluvioso e inundaciones del lugar y es devuelta a Centroamérica y el caribe en formato de armado rápido, característica esta que va a hacer utilizada en los proyectos de plantaciones y New Towns. En Panamá con la construcción del Railroad y el Canal su uso se dinamizó. Nuestro trabajo es demostrar hasta qué punto evolucionó esta tipología y su afectación en lo urbanístico.

## **METODOLOGÍA**

En la investigación se eligieron material de escritos de arquitectos, historiadores, tesis doctorales y gráficas, así como documentación en proyectos que se presentaron entre 1850-1900. Se seleccionaron documentos y publicaciones entre 1990 y 2017 realizados por escritores centroamericanos y un escritor suramericano (Eduardo Galeano), extrayendo todo lo relacionado al principio de estudio. Se realizó un estudio descriptivo de carácter retrospectivo. Las variables están vinculadas al periodo de tiempo establecido dentro de una temporalidad de un siglo.

## **RESULTADOS**

El trabajo presenta una serie de ejemplos arquitectónicos variados que nos proporcionan una clara idea de las diferentes propuestas en vivienda a trabajadores-jornaleros durante la temporalidad entre la segunda mitad del siglo XIX y principio del siglo XX en el área centroamericana e ignotas para ciertos sectores estudiantiles y académicos hasta entonces.

## **AMÉRICA CENTRAL**

### **Costa Rica**

Para 1870 el banano prácticamente era desconocido en los Estados Unidos y no fue hasta 1898 ya lo consumían en grandes cantidades. Esta expansión de venta obedeció al rápido crecimiento industrial y el capital estadounidense en expansión y es cuando a inicios de las primeras décadas del siglo XX se instruye la producción bananera en Centroamérica. La United Fruit Company (UFCo) en países como Panamá, Costa Rica, Honduras y Guatemala se llegó a consolidar apoyándose en los ferrocarriles, puertos y New Towns. Así es como las grandes plantaciones de banano comienzan a producir ciudades industriales con característica ortogonales y el incremento de una arquitectura influenciada por Luisiana y Misisipi de estilo victoriano e implementando viviendas para sus trabajadores más austeras adaptadas al clima lluvioso centroamericano. Para dar certeza a la caracterización costarricense el afamado periodista uruguayo Eduardo Galeano se refiere a esta especialidad aduciendo que “A principios de siglo aparecieron también, en Honduras, Guatemala y Costa Rica, los enclaves bananeros. Para trasladar el café a los puertos, habían nacido ya algunas líneas de ferrocarril financiadas por el capital nacional.” (Galeano, 1979, p.163) En Puerto de Limón prácticamente se utilizó la misma fenomenología en el planteamiento de la ciudad de Colón en Panamá en 1850, su fundación se concreta por decreto, pero no fue hasta dieciocho

años (1871) después cuando se inician los trabajos, puntualiza el Arquitecto Samuel Gutiérrez (1991), por la ley le...

Correspondió al presidente de Costa Rica, Don Juan Rafael Mora decretar la creación del Puerto de Limón a partir del 1 de enero de 1853[...]. La Ciudad de Limón nació y creció al influjo de obras de construcción del ferrocarril, del puerto y de la actividad bananera, hechos que definirían el desarrollo y la forma de la ciudad. (p.24)

Las “*company*” como resultado impusieron *in strictu sensu* distorsionando el paisaje y las formas de desenvolvimiento social segregando los espacios según el color, así lo comenta la arquitecta Villalobos (2006) al referir la existencia de un color según el grado de estatus administrativo y laboral,

La Compañía no solo diseñó cómo debía trabajarse en los bananales, también estructuró y controló la vida cotidiana de sus trabajadores. En la organización de las viviendas se reproducían las diferencias sociales del mundo bananero; la ubicación y aislamiento espacial, el diseño habitacional y los colores de las casas dejaban muy claro las jerarquías existentes. (p.18)

Explica la Arquitecta Villalobos más adelante que existían varias tipologías de vivienda separándolas en “tipo “H” para trabajadores administrativos, el tipo “E” (Ver imagen 00) y “F” para los mandadores y timekeeper respectivamente y el tipo “K” destinadas a los foreman”. La zona de blanco correspondería a los empleados administrativos de alta gerencia, las viviendas pintadas de amarillo estaban destinadas para los extranjeros y costarricenses, mientras que el gris estaba consignadas a los trabajadores (Imagen 1). Las viviendas procedían de los Estados Unidos y se armaban según las especificaciones de catálogos. En términos generales mantenían una configuración análoga con sus similares antillanas, cubiertas de metal, grandes aleros, separadas

del suelo natural a raíz de 3´según la topografía del terreno manteniendo un diseño modificado al clima tropical. En lo que respecta a los cafetales se introduce en 1825 y según lo referente a Mario Samper (1993) quien afirma “...sabemos que fue rápida en Costa Rica; posterior pero también acelerada en Guatemala y El Salvador; tardía en Nicaragua y muy reciente, aunque fuerte y cada vez más acelerada en Honduras.” (p.51)

Los asentamientos cafetaleros se iniciaron en la segunda mitad del siglo XIX y estaban conformado de edificios procesadores del café colindantes a patios de secado, viviendas que consistían en la casa del administrador y las casas de los jornaleros, además, de toda una infraestructura necesaria para su desenvolvimiento. Es necesario aclarar que los sistemas constructivos varían en Centroamérica, si bien se utilizó el adobe como influencia africanizada, también la madera, para casas de mayor tamaño.

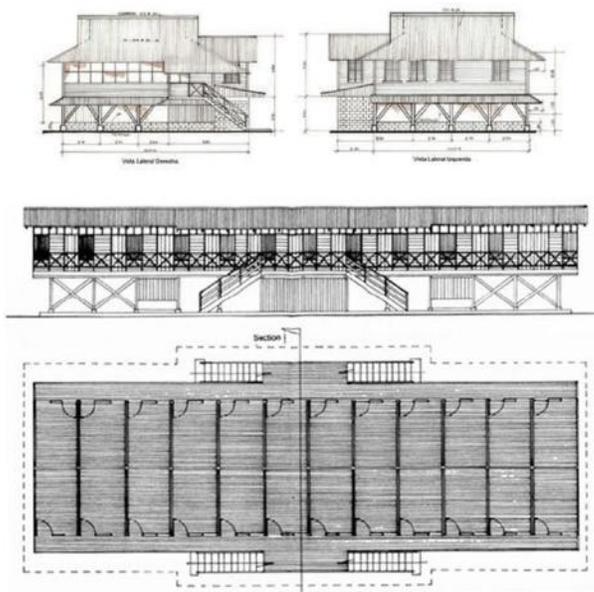


Imagen 1: Viviendas destinadas tipo “H” y “E” para administrativos y mandadores. Fuente: Memorias: Revista Digital de Historia y Arqueología

Viviendas para solteros llamados Bache o barracones de habitaciones grandes y sencillas que eran compartidas por una docena de trabajadores. Fuente: Revista: Instituto de Arquitectura Tropical. “Arquitectura de Ciudades Bananeras”.

En el caso de los cafetales el arquitecto Eduardo Arguedas (2011) las describe en un lenguaje preciso señalando que la vivienda de los trabajadores era...

Una casa sencilla, muy personal y representativa de la realidad social de la época. Su sistema constructivo era el bahareque y consistía en un entretejido de bambú y palos cubiertos con barro para las paredes. Generalmente estas casas eran donde habitaban los peones de la hacienda cafetalera [...]. En otros casos se daban otros sistemas constructivos como el adobe, el cual consistía en bloques de barro a los cuales se les aplicaba una capa de cal para evitar la humedad al interior de la casa. También se usaba madera para la estructura del techo y detalles como barandas y ventanas. (p.22)

En Costa Rica el sistema de armado rápido tuvo su auge a partir de la segunda mitad del siglo XIX, exclusivamente para la casa de los administradores con un estilo muy victoriano. Con la introducción del sistema constructivo Balloon Frame o sistema estructural de madera de entramado ligero, desarrollado en los Estados Unidos hacia 1830, determinó su uso en las plantaciones de caña, banano y una baja influencia en cafetales en todo el caribe centroamericano.

## **Honduras**

A partir de la proclamación de su independencia en 1821, los gobiernos trataron de rescatar y promover obras de infraestructura realizando gestiones financieras con estados foráneos pero sus proyecciones fueron malogradas, este fenómeno hace posible la introducción de “compañy” a partir de la segunda mitad del siglo XIX, y en primera instancias inician en hacerse de las mejores tierras para la explotación de productos fruteros e incrementan nuevos *Town New* y vías ferroviarias para el transporte de productos. Se inclinaron por la planta ortogonal en muchos casos y propusieron viviendas de alto confort a sus ejecutivos dejando de soslayo a sus trabajadores y jornaleros destinándolos a barracas, entre los ejemplos a mencionar tenemos las ciudades de La Lima, Tela, La Ceiba. Prosiguiendo con las declaraciones textualizadas de la arquitecta Navarrete (2008) quien describe que el “trazado urbano de estas comunidades cerradas era el de cuadrícula

y las casas se construían sobre pilotes de madera y zinc” (p. 35) y su estilo propio de Luisiana y Mississippi influenciando otras UFCo como El Progreso, San Pedro Sula, Cortés Trujillo, Tela entre otras. En conversaciones con Cristina Argueta (Arquitecta hondureña), estando ella realizando un levantamiento en la población de San Juancito vecino a la mina de La Rosario me ampliaba el panorama describiéndome que las casas (Imagen 2) tienen marcada influencia de la arquitectura inglesa; construidas de madera pintadas de blanco y azul con ventanales de vidrio ático y techos con cubiertas de láminas de zinc, material introducido por primera vez a Honduras en esa época. Y que si bien es cierto eran construcciones en madera utilizaron un modelo para repetirlo que, por su ubicación, se cree que por la topografía fue difícil traer viviendas prefabricadas, los trabajadores mineros radicaban en el poblado, lo que hace más evidente que las casas eran para sus administradores mineros (Imagen 3).



Imagen 2: Izq. pueblo minero de Mochito, Santa Barbara. Der. casas de la Rosario Mining Compañy operó desde 1879 hasta 1955. San Juancito, Depto. de Francisco Morazán. Fuente: Óscar Rubio. & Honduras: Guía del Paisaje y Arquitectura.

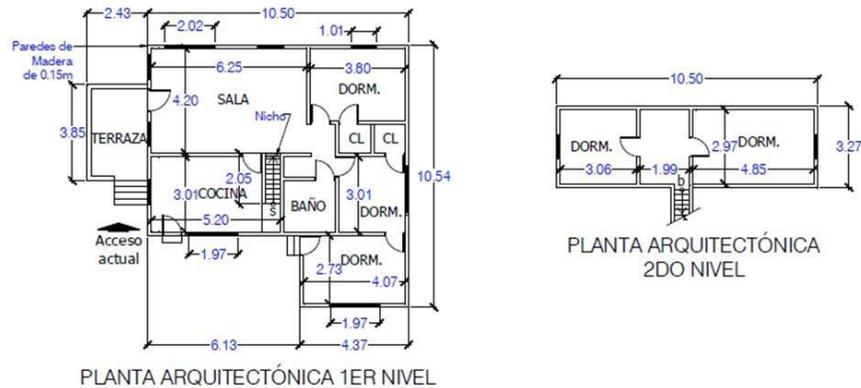


Imagen 3: San Juancito mina Rosario Mining Company. Vivienda de ejecutivos y empleados de compañía minera. Fuente: Cristina Argueta.

A finales del siglo XIX e inicios del XX, la UFCo y el Railroad Compañy llego a ciudades y aldeas como anteriormente señalamos trayendo una arquitectura propia del sur norteamericano, fueron un prototipo de los enclaves fruteros (caña, banano, café, algodón, etc.) que encontramos en centroamerica sobre pilotes, cubiertas inclinadas y llamativos portales o porches con escaleras que comunicaban a la vivienda.



Imagen 4: Izq. Vista del poblado bananero en Utila, viviendas para los trabajadores bananeros. Der. tipologías de viviendas que fueron construidas por UFCo para finales del s. XIX y principios del S. XX. Fuente: Honduras, Guía de Arquitectura y Paisaje & Internet.

## Guatemala

Las viviendas para los jornaleros se presenta a finales del siglo XIX, cuando se construye viviendas de madera en los asentamientos industriales. Se introdujo una tipología muy marcada de

la arquitectura del sur norteamericano, el que las *company* utilizarían a gran escala, llegando hacer repetitiva en muchos casos. En Guatemala la exportación de banano inicia en 1883, y es allí donde inicia UFCo., conocida como la "*Yunai*" o "*La Frutera*", emprende sus actividades, no solo en Guatemala sino también en parte en Latinoamérica. La Frutera consolida sus operaciones en varias regiones del pacífico como el atlántico arraigándose dentro del territorio guatemalteco. Como comentario, es importante citar al arquitecto Vázquez De León (2006), quien dentro de sus escritos señala que,

En Guatemala y en Honduras, la compañía descubrió en las planicies caribeñas de ambos países tierras bananeras, la mayoría de estos lugares que fue donde se instaló la compañía bananera eran insalubres condiciones físicas naturales adversas lo que las hacia poco pobladas, humedad, calor, lluvias constantes y terrenos irregulares (p.38).

Lo que hacía que existiese baja población acentuando la migración en tiempos de cosecha. Es importante aseverar, que todos los asentamientos bananeros contaban con una infraestructura que cubría todas las necesidades de sus trabajadores, desde hospitales, escuelas, comisariatos y viviendas. A principio del 1900 podríamos contar con varios tipos de viviendas para los trabajadores (Imagen 5) y estos se distinguían como "*Sector de las Yargas,*" y eran destinados para los peones o jornaleros. En lo que concierne a nuestro estudio los alojamientos de los trabajadores eran gratuitos y de hecho existieron varias tipologías según su estatus social, en el caso de Quiriguá el arquitecto Vázquez (2006) nos dice que las casas eran "construidas de madera, habitaciones ventiladas, paredes pintadas al óleo, agua abundante, luz eléctrica y en caso de enfermedad podían acudir al hospital de Quiriguá," (Ibidem, 39)



Imagen 5: Izq. La presente vista observamos tipologías de inmuebles tipo Yards unifamiliares para empleados de bajo rango. Fuente: Arq. Vázquez De León

Existieron varios tipos de yardas, la vivienda multifamiliar de 21.50 x 3.70 metros la más común, de bajo rango era adosada de ocho cuartos en su planta alta, mientras que en la planta baja podría considerarse de doble función espacial, era abierta y solía ser un área social y al mismo tiempo podría albergar trabajadores quienes dormían en hamacas, la cocina y baños estaban exentos a poca distancia. En el siglo XIX se crean fincas paralelas que cultivaban café y caña de azúcar y los principales ingenios de Chicolá, Chitalón, Pantaleón, San Luis y San Jerónimo. (Entrevista a la historiadora Regina Wagner, p.31) Los ingenios entrarán en una etapa de actualización arquitectónica a partir del siglo XX importando viviendas para uso de la élite administrativa al igual que para sus trabajadores. En los cafetales, es importante citar al arquitecto Javier Quiñones (2017) quien realiza una descripción muy acertada en sus escritos, él inicia con presentar tres estilos de vivienda el primero es para los Colonos en,

Este grupo de casas pertenece a los trabajadores permanentes dentro de la finca; en la mayoría de los casos cada uno de los colonos o trabajadores vive con su familia dentro de una de las viviendas [...]. Casa Mozos: No en todos los casos se presentan este tipo de viviendas [...] Casa Temporeros: Se denominan así debido a que son los trabajadores que no laboran todo el año dentro de la finca. (p.p. 117-120)

Estos últimos habitan con sus familias dentro de “galeras” o “galpones”, (Imagen 6) carecen de ciertos servicios como cocinas, baterías de baño forzándolos a utilizar espacios colectivos. En Guatemala no tenemos evidencias claras que existieron estructuras de maderas destinadas a los trabajadores como vivienda durante el siglo XIX, sin embargo, como lo hemos señalado es a partir de 1880 cuando se reestructura o modernizan los ingenios con nuevas maquinarias y con ellos algunas tipologías que se establecieron claramente al contexto inmediato de ingenios, bananeras y cafetales. Si es necesario establecer que la información es válida para nuestro estudio.



Imagen 6: Izq. Vista de Casas de los Mozos. Der. la imagen revela el interior de los Galpones o Casas para los trabajadores temporales en la finca Aurora Xolhuitz. Fuente. Arq. Javier Quiñones.

## Nicaragua

En 1848, según estudios realizados por el historiador Paul Levy, es cuando se introduce el café en Nicaragua en una hacienda en Jinotepe. Y posteriormente en 1885 se convierte en promotor comercial del país. Entre las haciendas más importantes tenemos; San Dionisio, Santa Rosa, La Amistad, San Marquitos, Míster Bon, Santa Elvira, Santa Margarita, Las Primaveras, entre muchas más. Las primeras reseñas habitacionales para los recolectores de café la ubicamos en la hacienda San Marquitos, donde encontramos un inmueble de una planta rectangular en madera (Imagen 7)

y cubierta de tejas con varios cuartos concebido como “*covacha*” para los trabajadores enmarcados por un pasillo o portal frontal, muy parecidos a los galpones guatemaltecos. El primer ingenio fundado en Nicaragua fue el San Antonio, en el año 1892 y guardó semejanza con sus vecinos centroamericanos.



Imagen 7: Galpones construidos entre 1900 y 1910. Fuente: Catálogo de Bienes Culturales Inmuebles, Carazo y Rivas, Nicaragua.

## RESUMEN

La mecanización dentro de los procesos de industrialización durante la segunda mitad del siglo XIX en productos como la caña de azúcar, el banano, cafetales e infraestructuras ferroviarias, vías de acceso, New Towns y puertos fueron elementos importantes en el proceso y creación de nuevos espacios arquitectónicos destinados a proveer una mejor productividad. Los edificios administrativos, producción, hospitales, escuelas y viviendas fueron un factor determinante para el desarrollo. En la primera mitad del siglo XIX la vivienda fue de ranchos, en algunos casos se reprodujeron en madera partiendo desde un modelo primario para posteriormente reproducirlo como es el caso de Honduras. En Guatemala por la fenomenología que se presenta no fue sino hasta finales de 1880 y principios de 1900 cuando la caracterización de la vivienda se utiliza como armado rápido y repetitivo evidenciando una gama de tipologías destinadas a los jornaleros según

su estatus social, para con ello, mejorar la calidad de vida. En Costa Rica como en el resto de los países se crean nuevas propuestas urbanísticas con los New Towns proveyendo sistemas ortogonales en algunos casos como irregulares rectangulares en otros. Parte del análisis de nuestro estudio tratar de evidenciar que la particularidad existió dentro del contexto centroamericano. Las imágenes fueron escogidas para ilustrar las que consideramos importantes en su representación, ya sean en conjunto o individualmente tomando en cuenta los límites temporales y cronológicos establecidos para proporcionarnos una perspectiva sincrónica del hecho histórico. No presentamos todos los espacios vinculados a la vivienda como edificación en madera, solo lo restringimos aquellos que sin ser objeto de estudio están inflexiblemente vinculados al hábitat humano. Otros estudios podrán aumentar algunos espacios y corregir o disminuir los que aquí se presentan, tomando en cuenta los límites geográficos y temporales de la delimitación geográfica centroamericana.

## BIBLIOGRAFÍA

Arguedas-Benavides, Eduardo (2011). Tesis: “*Complejo ferial del café para la conservación del paisaje cultural.*” Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle>.

Cano Sanchiz, J. M. (2017). “*Mamita Yunai, una bananera estadounidense en Centroamérica: el caso de Palmar Sur*”. (Costa Rica). <https://www.researchgate.net/publication/322529877>

Galeano Eduardo (1979). “*Las venas abiertas de América Latina*”. Editorial Siglo XXI editores S.A.

Gutiérrez, Samuel. (1991). “Arquitectura Caribeña”. Colombia. Editorial Escala. P.24.

Villalobos Madrigal, Gabriela. “*Mundo laboral y vocabulario bananero en el Pacífico Sur de Costa Rica*”. Museo Nacional de Costa Rica y Consejo Local del Área de Conservación Osa-Subregión Diquís. (CLACOSA).

Navarrete Cáliz, Daniela (2008). “*Diversidad Patrimonial en las ciudades de Honduras.*” Edi. Instituto Hondureño de Antropología e Historia.

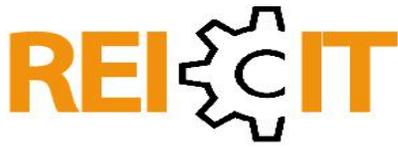
Quiñones, Javier (2017). Tesis Doctoral. “*Patrimonio Industrial de Guatemala: Arquitectura de las fincas Cafetaleras de la «Costa Cuca», segunda mitad del siglo XIX*”. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Revista Carabella. “Los paisajes sociales del café. Reflexiones comparadas” (artículo). Mario Samper. Cuadernos del mundo hispano y portugués-brasileño Año 1993. [www.persee.fr/carav\\_1147-6753\\_1993\\_num\\_61\\_1\\_254761](http://www.persee.fr/carav_1147-6753_1993_num_61_1_254761).

Vásquez De León, Otto René (2006). Tesis: “*Análisis y Evaluación de la Tipología Arquitectónica para la Producción Bananera en Guatemala*”, Caso específico de la UFCO.” 4.1 Análisis ...Urbanismo para la producción Bananera en Guatemala (1900-1970), DIGI-<http://biblioteca.usac.edu.gt>.

Entrevista a la historiadora Regina Wagner. “*De trapiche a ingenio - la aventura de una empresa familiar*”. Capítulo III. La producción azucarera desde la época colonial. <https://www.launion.com.gt/uploads/pdfs/LU-...>

Entrevista con la Arquitecta Cristina Argueta en Tegucigalpa, Honduras, 2019.



**Revista Especializada de Ingeniería y  
Ciencias de la Tierra**

**ISSN: L2805 -1874**

**Vol: 2 N°1 Julio - Diciembre 2022**

**USO DEL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA PREDECIR SI UNA FUNDACIÓN  
CUADRADA AISLADA PROPUESTA CUMPLE CON EL ESTÁNDAR ACI 318-11**

**USING MACHINE LEARNING TO PREDICT WHETHER A PROPOSED ISOLATED  
SQUARE FOUNDATION MEETS THE ACI 318-11 STANDARD**

Gabriel Montúfar Chiriboga  
Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Eléctrica  
gjm31416@gmail.com  
ORCID.ORG/0000-0003-3392-3728

Recibido: 15/4/2022 Aceptado: 18/6/2022 Publicado: 7/2022

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica

**RESUMEN**

Cuando un ingeniero civil diseña un proyecto, se generan y registra múltiple información en documentos físicos o digitales. En el pasado, la mayor parte de esta información se escribía en papel y esta se extraviaba o degradaba con el tiempo, lo que provocaba la pérdida de datos. Actualmente la mayor parte de la información se registra digitalmente en ordenadores, a través de documentos txt, pdf, CSV, bases de datos SQL, imágenes, capturas de sonido, etc. Todos estos datos se acumulan generalmente de forma desordenada y sin un uso específico. ¿Se podría utilizar toda esta información? Mediante el aprendizaje automático y la creación de una base de datos adecuada, la información recopilada por diseños anteriores puede utilizarse para realizar predicciones que nos permitan conocer algún atributo de interés, por ejemplo, si un diseño es

191

adecuado en relación con el estándar ACI 318-11. En este artículo, se utilizó el software WEKA para entrenar y probar modelos con algoritmos como J48, Naive Bayes, Logistic y AdaBoostM1. Se seleccionó el mejor modelo y posteriormente se realizaron predicciones con datos externos al conjunto de datos de entrenamiento.

**PALABRAS CLAVE:** aprendizaje automático; predicción del diseño estructural; árbol de decisión J48; Naive Bayes; AdaBoostM1.

## **ABSTRACT**

When a civil engineer designs a project, multiple information is generated and recorded in physical or digital documents. In the past, most of this information was written on paper and was lost or degraded over time, causing data loss. Currently most of the information is recorded digitally on computers, through txt, pdf, CSV documents, SQL databases, images, sound captures, etc. All this data is generally accumulated in a disorderly way and without a specific use. Could all this information be used? Through machine learning and the creation of a suitable database, the information collected by previous designs can be used to make predictions that allow us to know some attribute of interest, for example, if a design is suitable in relation to the standard ACI 318-eleven. In this article, WEKA software was used to train and test models with algorithms such as J48, Naive Bayes, Logistic, and AdaBoostM1. The best model was selected and then predictions were made with data external to the training data set.

**KEY WORDS:** machine learning; structural design prediction; decision tree J48; Naïve Bayes; AdaBoostM1.

## **INTRODUCCION**

El concepto de computadora digital programable fue inventado por Charles Babbage, un ingeniero mecánico y filósofo, en 1837. El motor analítico fue el término dado a este concepto, que se basaba en una computadora mecánica con funcionalidad genérica. En el motor analítico se incluyeron una unidad lógica aritmética, control de flujo en forma de ramas y bucles condicionales con memoria integrada (Enciclopedia Britanica, 2020).

Luigi Federico Menabrea, matemático y ex primer ministro italiano, basó su artículo “Bosquejo del motor analítico inventado por Charles Babbage” en este concepto, que describe muchas características de la arquitectura y programación de computadoras. Augusta Ada King , matemática y escritora, tradujo el trabajo de Menabrea y contribuyó con una serie de comentarios en 1842. Describió un procedimiento para que el motor analítico calculara los números de Bernoulli en sus notas. Se cree que es el primer algoritmo publicado que fue diseñado específicamente para su implementación en computadora. Su programa nunca se probó porque el motor nunca se terminó (Taylor, 1843).

Alan Mathison Turing, matemático, filósofo y biólogo teórico publicó en octubre de 1950 en la revista académica MIND de la Universidad de Oxford, un artículo titulado “Equipos de inteligencia y computación”, en el que planteaba la pregunta: ¿pueden pensar las máquinas? Turing alude a la traducción de Augusta Ada King de su afirmación de que el motor analítico no está

diseñado para originar nada y puede realizar cualquier cosa que sepamos cómo indicarle que haga. Turing afirma que las máquinas lo toman con frecuencia desprevenido. Esto se debe en gran parte a que no realiza suficientes cálculos para determinar qué esperar de estas, o más bien, que cuando realiza un cálculo, lo hace con prisa, sin cuidado y arriesgándose (Turing , 1950).

Durante un simposio en el Dartmouth College en 1956, John McCarthy, científico informático y científico cognitivo, acuñó el nombre de Inteligencia Artificial para identificar esta disciplina de la cibernética, y así se estableció la Inteligencia Artificial. McCarthy también creó la familia de lenguajes de programación Lisp, que ahora se ha convertido en el estándar para aplicaciones de inteligencia artificial (McCarthy et al., 1956).

Arthur Lee Samuel, un ingeniero eléctrico, popularizó la frase aprendizaje automático en 1959 cuando desarrolló el software del juego Samuel Checkers, que fue uno de los primeros programas efectivos de autoaprendizaje del mundo y, por lo tanto, una ilustración muy temprana de la noción fundamental de inteligencia artificial (Samuel, 1959).

En el ensayo WEKA: A Machine Learning Workbench, publicado en 1994, el matemático Geoffrey Holmes et al., explicó que WEKA es un banco de trabajo de aprendizaje automático que está destinado a ayudar en la aplicación de técnicas de aprendizaje automático a una variedad de situaciones del mundo real. Para ayudar en este esfuerzo, se ha creado un banco de trabajo para proporcionar un entorno que no solo permite el acceso directo a una serie de enfoques de aprendizaje automático, sino que también incluye las herramientas de procesamiento previo y posterior que se requieren cuando se trabaja con un conjunto de datos mundiales reales (Holmes et al., 1994).

Con la llegada de Internet, ahora hay cantidades masivas de datos disponibles para entrenar modelos y el poder de procesamiento de la computadora se está expandiendo, esto hace que el potencial del aprendizaje automático sea casi ilimitado.

## **ANTECEDENTES**

Se les pide a ingenieros de todo el mundo que diseñen estructuras iguales o muy similares una y otra vez, sin aprender del pasado, según el ingeniero estructural Lorenzo Greco en 2018. Los enfoques basados en el aprendizaje automático pueden aprovechar el conocimiento existente. Cuanto más tiempo se emplea este método, más puntos de datos se recopilan y más preciso se vuelve. Permitiría predicciones estadísticas automáticas sobre grandes cantidades de datos, así como verificaciones, que es un aspecto crucial de la evaluación de proyectos (Greco, 2018).

El aprendizaje automático es una herramienta poderosa para anticipar y evaluar el desempeño estructural, identificar la condición estructural e informar acciones preventivas y de recuperación mediante la identificación de patrones a partir de datos recopilados de diversas fuentes, según el ingeniero de investigación Han Sun et al. en 2020. Se deben superar varios problemas importantes para introducir el aprendizaje automático en la práctica de la construcción. Por ejemplo, actualmente no existen fuentes de datos de alta calidad adecuadas para la construcción de modelos de aprendizaje automático. Como resultado, se requiere un esfuerzo coordinado para desarrollar, recopilar y preservar diversos conjuntos de datos en un repositorio de código abierto al que puedan contribuir académicos y profesionales (Sun et al., 2020).

El ingeniero civil M.Z. Naser et al. declaró en 2020 que el análisis y diseño de columnas tubulares de acero rellenas de hormigón es sofisticado y requiere mucho tiempo debido a las dificultades que surgen de la interacción entre el tubo de acero y el relleno de hormigón. Esto condujo al desarrollo de expresiones predictivas breves de un solo paso que pronostican con precisión la reacción estructural de las columnas utilizando técnicas de aprendizaje automático inspiradas en la naturaleza. Los resultados de 3103 experimentos disponibles en columnas tubulares de acero rellenas de hormigón durante los últimos años se utilizaron para construir y validar estas expresiones (Naser et al., 2020).

El modo de falla y la capacidad de carga de las columnas de concreto reforzado son consideraciones importantes en el diseño estructural y los métodos de evaluación del desempeño, según el ingeniero civil De-Cheng Feng et al. en 2020. Por lo tanto, al utilizar técnicas de aprendizaje automático en conjunto, proporcionan una solución inteligente para la categorización del modo de falla y la predicción de la capacidad de carga de las columnas de hormigón armado. La capacidad de carga proyectada también se comparó con la prevista por las ecuaciones empíricas de los códigos de diseño. En esta era de grandes volúmenes de datos, las técnicas de aprendizaje automático, en particular el aprendizaje conjunto, pueden ofrecer una alternativa a los modelos tradicionales impulsados por la mecánica en el diseño estructural (Feng et al., 2020).

Los criterios del código para el diseño y construcción de hormigón estructural que son necesarios para garantizar la seguridad pública se presentan en ACI 318 (Instituto Americano del Concreto). El proceso de determinar la reacción de una estructura bajo condiciones de carga impuestas o combinaciones de varias cargas se conoce como análisis estructural. La resistencia, rigidez, estabilidad y respuesta de todos los elementos se estudian durante el análisis de una estructura.

Los métodos analíticos y numéricos se pueden utilizar para resolver problemas. Una solución analítica implica presentar el problema de manera clara y calcular la solución precisa. Una solución numérica implica hacer suposiciones informadas sobre la solución y determinar si el problema está lo suficientemente resuelto como para permitir detenerse. En nuestro caso, se utilizó un enfoque analítico para el diseño de la base cuadrada aislada para recopilar rápidamente una cantidad significativa de datos y luego utilizar el aprendizaje automático.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **RECOLECCION DE DATOS**

WEKA se utilizó como un software de minería de datos para clasificar la información, evaluarla y determinar la precisión de las predicciones de varios algoritmos de minería de datos. En este experimento se investigó la exactitud de muchos algoritmos y se descubrió el algoritmo más apropiado con la mayor exactitud de clasificación.

El experimento se llevó a cabo utilizando una hoja de cálculo de Microsoft Excel para generar un conjunto de datos de diseño de zapata aislada cuadrada. La herramienta WEKA, creada por el Grupo de Aprendizaje Automático de la Universidad de Waikato en Hamilton, Nueva Zelanda, se utilizó para aplicar varios algoritmos de clasificación en este conjunto de datos. Para la categorización de zapatas cuadradas aisladas en diseños estructurales aceptables e insatisfactorios según el estándar ACI 318-11, el conjunto de datos utilizado para el análisis tiene un total de 518400 casos, un total de 11 atributos, de los cuales 10 atributos son numéricos y 1 atributo es nominal. La herramienta WEKA realiza la preparación de datos de forma automática.

La Tabla 1 describe brevemente los atributos del conjunto de datos.

Tabla 1. Base de datos de pies cuadrados aislados.

| No. | Atributo utilizado | Tipo de atributo | Descripción del atributo     |
|-----|--------------------|------------------|------------------------------|
| 1   | Pu                 | Numérico         | Carga última                 |
| 2   | qa                 | Numérico         | Capacidad de carga permitida |
| 3   | Gammasite          | Numérico         | peso específico del suelo    |
| 4   | Bpedestal          | Numérico         | Dimensión del pedestal       |
| 5   | Apedestal          | Numérico         | Dimensión del pedestal       |
| 6   | fc                 | Numérico         | Fuerza compresiva            |
| 7   | Df                 | Numérico         | Profundidad                  |
| 8   | H                  | Numérico         | Espesor                      |
| 9   | B                  | Numérico         | Base                         |
| 10  | As                 | Numérico         | Acero de refuerzo            |
| 11  | Conclusión         | Nominal          | Diseño adecuado o inadecuado |

La Tabla 2 muestra los atributos y un extracto de los datos seleccionados para crear los modelos.

Tabla 2. Muestra de conjunto de datos.

| Pu<br>(kN) | qa<br>(kPa) | Gammasite<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Bpedestal<br>(m) | Apedestal<br>(m) | fc<br>(MPa) | Df<br>(m) | H<br>(m) | B<br>(m) | As<br>(squarecm) | Conclusión |
|------------|-------------|-----------------------------------|------------------|------------------|-------------|-----------|----------|----------|------------------|------------|
| 1          | 100         | 10                                | 0.2              | 0.2              | 20          | 1         | 0.2      | 0.3      | 1.199            | OK         |
| 1          | 102         | 10                                | 0.2              | 0.2              | 20          | 1         | 0.2      | 0.3      | 1.199            | OK         |
| 1          | 105         | 10                                | 0.2              | 0.2              | 20          | 1         | 0.2      | 0.3      | 1.199            | OK         |
| 1          | 120         | 10                                | 0.2              | 0.2              | 20          | 1         | 0.2      | 0.3      | 1.199            | OK         |
| 100        | 185         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.4      | 1.1      | 11.724           | OK         |
| 100        | 190         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.4      | 1.1      | 11.724           | OK         |
| 100        | 245         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.4      | 0.9      | 9.593            | OK         |
| 100        | 250         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.4      | 0.9      | 9.593            | OK         |
| 100        | 340         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.4      | 0.7      | 7.461            | OK         |
| 180        | 100         | 15                                | 0.25             | 0.25             | 25          | 4         | 0.5      | 2.5      | 34.973           | OK         |
| 180        | 102         | 15                                | 0.25             | 0.25             | 25          | 4         | 0.5      | 2.4      | 33.574           | OK         |
| 180        | 105         | 15                                | 0.25             | 0.25             | 25          | 4         | 0.5      | 2.3      | 32.175           | OK         |
| 180        | 120         | 15                                | 0.25             | 0.25             | 25          | 4         | 0.5      | 1.9      | 26.58            | OK         |
| 180        | 125         | 15                                | 0.25             | 0.25             | 25          | 4         | 0.5      | 1.9      | 26.58            | OK         |
| 210        | 100         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.2      | 5.5      | 37.965           | REDISEÑO   |
| 210        | 102         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.2      | 4.8      | 32.637           | REDISEÑO   |
| 210        | 105         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.2      | 4.2      | 28.076           | REDISEÑO   |
| 210        | 120         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.2      | 2.8      | 17.467           | REDISEÑO   |
| 210        | 125         | 30                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 3         | 0.2      | 2.6      | 15.958           | REDISEÑO   |
| 320        | 150         | 15                                | 0.3              | 0.3              | 32          | 3         | 0.2      | 1.8      | 14.122           | REDISEÑO   |

|     |     |    |     |     |    |   |     |     |        |          |
|-----|-----|----|-----|-----|----|---|-----|-----|--------|----------|
| 320 | 185 | 15 | 0.3 | 0.3 | 32 | 3 | 0.2 | 1.6 | 11.901 | REDISEÑO |
| 320 | 190 | 15 | 0.3 | 0.3 | 32 | 3 | 0.2 | 1.6 | 11.901 | REDISEÑO |
| 320 | 245 | 15 | 0.3 | 0.3 | 32 | 3 | 0.2 | 1.3 | 8.621  | REDISEÑO |
| 320 | 250 | 15 | 0.3 | 0.3 | 32 | 3 | 0.2 | 1.3 | 8.621  | REDISEÑO |

## SELECCIÓN DEL MODELO

Para seleccionar el modelo ideal se inicia el proceso en la opción de exploración de la interfaz gráfica de usuario de WEKA, en la pestaña de preproceso se cargan los datos mediante un archivo con extensión ARFF. Al cargar el archivo se muestra el número de atributos, casos y datos estadísticos, máximos, mínimos, media y desviación estándar para cada uno de los atributos, además de la visualización de cada atributo en forma gráfica. En esta pestaña el usuario puede eliminar atributos si los considera redundantes. Luego, el siguiente paso fue seleccionar la pestaña de clasificación para elegir los algoritmos que crearán los modelos, en nuestro caso: J48, AdaBoostM1, logístico y Naïve Bayes. Para probar los modelos, el usuario puede seleccionar todos los datos preprocesados, cargar otros datos además de los preprocesados, realizar una validación cruzada o dividir los datos preprocesados en un porcentaje de entrenamiento y un porcentaje de prueba. Luego se selecciona el atributo para el cual se probará el modelo, se inicia su creación y luego se usa el modelo con el mejor desempeño para hacer predicciones como se muestra en la Fig. 1.

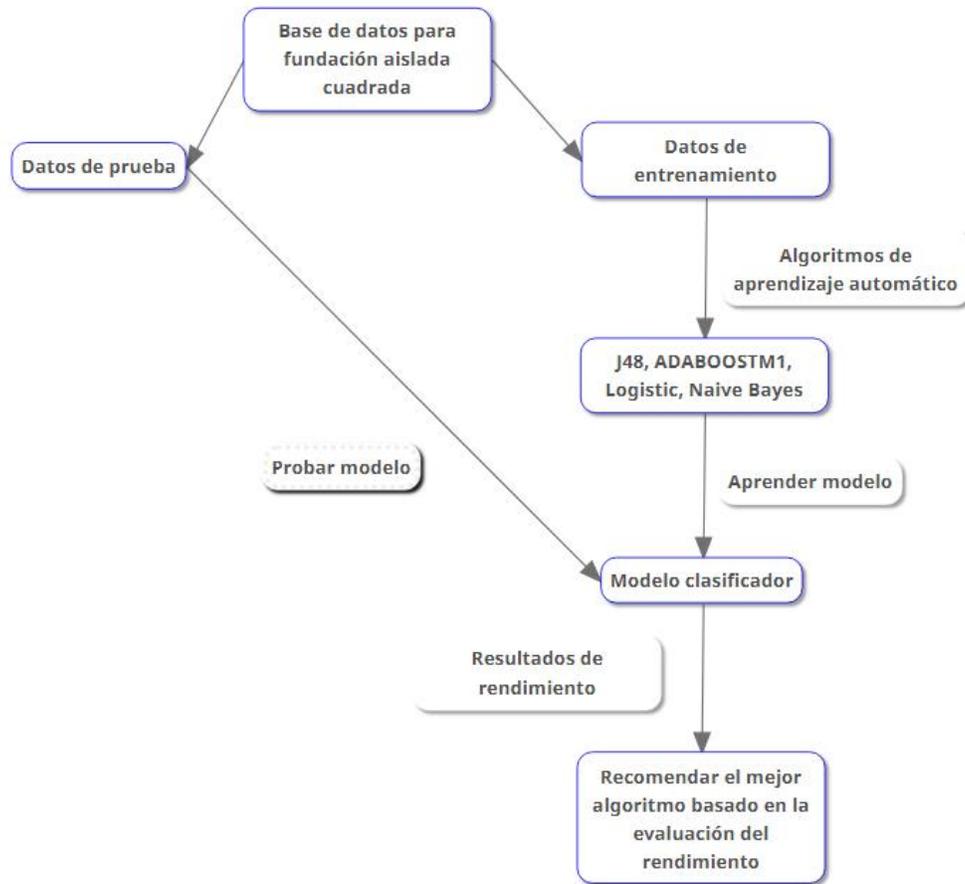


Fig. 1 Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

Se utilizó validación cruzada con 10 pliegues para entrenar y probar los modelos en nuestro caso. Los datos de muestra se separan en K subgrupos en la validación cruzada de K iteraciones. Una fracción se utiliza como datos de prueba, mientras que las otras se utilizan como datos de entrenamiento. Con cada uno de los diversos subconjuntos de datos de prueba, el proceso de validación cruzada se repite para k ensayos. En última instancia, la media aritmética de los resultados de cada iteración se calcula para obtener un único resultado.

Para evaluar el rendimiento de los algoritmos, se utilizaron las siguientes medidas:

Como se indica en la ecuación 1, la precisión es la relación entre la cantidad de casos positivos esperados y la cantidad total de casos positivos anticipados.

Como se indica en la ecuación 2, la recuperación es la relación entre la cantidad de casos positivos proyectados y la cantidad total real de casos positivos.

Como se indica en la ecuación 3, la exactitud es la relación de los números de casos reales esperados positivos y negativos con respecto a la cantidad total de casos.

Como se indica en la ecuación 4, la tasa de TP es la relación entre la cantidad de casos positivos proyectados y la cantidad total real de casos positivos.

Como se indica en la ecuación 5, la tasa de FP es la relación entre la cantidad de casos negativos proyectados y la cantidad total real de casos negativos.

El rendimiento general está representado por la variable F-Medida. Como se demuestra en la ecuación 6, es la media armónica ponderada de precisión y recuperación (Mokgonyane et al., 2019).

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Verdadero positivo}}{\text{Verdadero positivo} + \text{Falso positivo}} \quad (1)$$

$$\text{Recuperación} = \frac{\text{Verdadero positivo}}{\text{Verdadero positivo} + \text{Falso positivo}} \quad (2)$$

$$\text{Exactitud} = \frac{\text{Verdadero positivo} + \text{Verdadero negativo}}{\text{Número total de casos}} \quad (3)$$

$$\text{TP} - \text{tasa} = \frac{\text{Verdadero positivo}}{\text{Verdadero positivo} + \text{Falso negativo}} \quad (4)$$

$$\text{FP} - \text{tasa} = \frac{\text{Falso positivo}}{\text{Falso positivo} + \text{Verdadero negativo}} \quad (5)$$

$$F - \text{medida} = \frac{2 * \text{Precisión} * \text{Recuperación}}{\text{Precisión} + \text{Recuperación}} \quad (6)$$

Los resultados obtenidos tras el entrenamiento del modelo con los algoritmos se indican en las Tablas 3, 4 y la Fig. 2.

Tabla 3. Comparación de algoritmos de minería de datos para validación cruzada estratificada de 10 veces (precisión, tasa de recuperación de TP, tasa de FP y medida de F).

| Algoritmo   | Clase OK  |              |         |         |          | Clase REDISEÑAR |              |         |         |          |
|-------------|-----------|--------------|---------|---------|----------|-----------------|--------------|---------|---------|----------|
|             | Precisión | Recuperación | TP-tasa | FP-tasa | F-medida | Precisión       | Recuperación | TP-tasa | FP-tasa | F-medida |
| J48         | 1         | 1            | 1       | 0       | 1        | 1               | 1            | 1       | 0       | 1        |
| Naive Bayes | 0.899     | 0.992        | 0.992   | 0.32    | 0.943    | 0.966           | 0.68         | 0.68    | 0.008   | 0.798    |
| Logistic    | 0.937     | 0.985        | 0.81    | 0.19    | 0.961    | 0.951           | 0.81         | 0.81    | 0.015   | 0.875    |
| AdaBoostM1  | 0.88      | 0.984        | 0.984   | 0.383   | 0.929    | 0.93            | 0.617        | 0.617   | 0.016   | 0.742    |

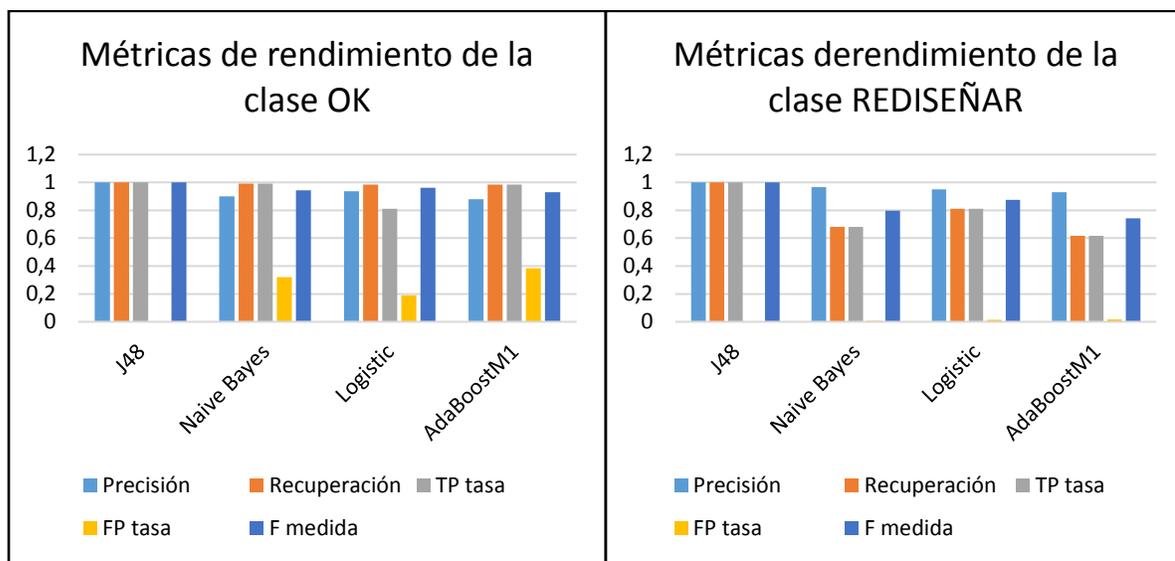


Fig. 2. Valores de medida de rendimiento del clasificador.

Tabla 4. Comparación de algoritmos de minería de datos para validación cruzada estratificada de 10 veces (exactitud).

| Algoritmo   | Clasificación correcta |             | Clasificación incorrecta |               | Tiempo de entrenamiento (s) |
|-------------|------------------------|-------------|--------------------------|---------------|-----------------------------|
|             | No. de casos           | Exactitud % | No. de casos             | Inexactitud % |                             |
| J48         | 518387                 | 99.9975     | 13                       | 0.0025        | 41                          |
| Naive Bayes | 472165                 | 91.0812     | 46235                    | 8.9188        | 2                           |
| Logistic    | 487330                 | 94.0066     | 31070                    | 5.9934        | 14                          |

J48 y AdaBoostM1, con 41s y 52s respectivamente, son los algoritmos que emplean mayores recursos informáticos y por tanto tardan más en entrenar el modelo. J48 y Logistic, con un 99 % y un 94 % de exactitud, son los algoritmos más exactos. El algoritmo de peor rendimiento, Naive Bayes, también consume la menor cantidad de recursos de la computadora. Debido a que el algoritmo logístico tiene la segunda mejor exactitud y tiempo de entrenamiento, puede ser la opción ideal para un conjunto de datos más grande. En nuestra situación, elegimos el método J48 porque el tiempo de entrenamiento del modelo es rápido y su exactitud es la mejor.

J48 es un árbol de decisiones y se utiliza en el modelado predictivo para identificar métodos que distribuyen un conjunto de datos de acuerdo con ciertas variables. El árbol de decisiones es una organización similar a un diagrama de flujo con nodos y ramas. Cada nodo representa un atributo que será clasificado en el grupo. Teniendo en cuenta que el valor del nodo se expresa como ramas distintas (Chandrasekar et al., 2017).

## RESULTADOS DE PREDICCIÓN

La Tabla 5 a continuación presenta algunos de los datos con los cuales se utilizó el algoritmo J48 para predecir si el diseño es adecuado de acuerdo con el estándar ACI 318-11.

Tabla 5. Datos para la predicción del algoritmo.

| Pu<br>(kN) | Qa<br>(kPa) | Gammasite<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | bpedestal<br>(m) | apedestal<br>(m) | fc<br>(MPa) | df<br>(m) | h<br>(m) | B<br>(m) | As<br>(cm <sup>2</sup> ) | Conclusión |
|------------|-------------|-----------------------------------|------------------|------------------|-------------|-----------|----------|----------|--------------------------|------------|
| 45         | 187         | 12                                | 0.2              | 0.2              | 20          | 1.5       | 0.2      | 0.6      | 2.398                    | OK         |
| 65         | 116         | 18                                | 0.25             | 0.25             | 20          | 2.5       | 0.2      | 1        | 3.997                    | OK         |
| 330        | 400         | 14                                | 0.2              | 0.2              | 20          | 1.7       | 0.25     | 1        | 5.662                    | REDISEÑAR  |
| 280        | 137         | 22                                | 0.3              | 0.2              | 32          | 1.7       | 0.2      | 1.8      | 14.056                   | REDISEÑAR  |
| 115        | 370         | 24                                | 0.3              | 0.25             | 32          | 1.7       | 0.2      | 0.6      | 2.451                    | OK         |

|     |     |    |      |      |    |     |      |     |        |           |
|-----|-----|----|------|------|----|-----|------|-----|--------|-----------|
| 270 | 200 | 11 | 0.3  | 0.25 | 25 | 1.7 | 0.4  | 1.3 | 13.856 | OK        |
| 400 | 270 | 23 | 0.3  | 0.25 | 25 | 3.2 | 0.45 | 1.5 | 18.486 | OK        |
| 412 | 103 | 23 | 0.3  | 0.25 | 20 | 3.4 | 0.2  | 4.4 | 63.359 | REDISEÑAR |
| 324 | 124 | 23 | 0.25 | 0.2  | 25 | 2.7 | 0.2  | 2.4 | 23.843 | REDISEÑAR |
| 570 | 195 | 23 | 0.25 | 0.2  | 32 | 1.6 | 0.24 | 2   | 24.683 | REDISEÑAR |

Los resultados de la predicción se muestran en la tabla 6 y se comparan con los calculados analíticamente.

Tabla 6. Predicciones en el conjunto de pruebas del usuario.

| No. de caso | Actual    | Predicho  |
|-------------|-----------|-----------|
| 1           | OK        | OK        |
| 2           | OK        | OK        |
| 3           | REDISEÑAR | OK        |
| 4           | REDISEÑAR | REDISEÑAR |
| 5           | OK        | OK        |
| 6           | OK        | OK        |
| 7           | OK        | OK        |
| 8           | REDISEÑAR | REDISEÑAR |
| 9           | REDISEÑAR | REDISEÑAR |
| 10          | REDISEÑAR | REDISEÑAR |

Un caso de cada diez no se pronosticó correctamente, esta es la instancia número 3. La conclusión pronosticada fue que el diseño es correcto, cuando en realidad se necesita un rediseño. Por lo tanto, esta metodología debe ser utilizada como apoyo para agilizar la elección de las dimensiones de la cimentación cuadrada aislada y luego proceder a verificar la predicción realizada por el algoritmo.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se utilizó la metodología de aprendizaje automático para predecir si el diseño de una cimentación de hormigón cuadrada aislada es adecuada según la norma ACI 318-11. Para ello se aplicó el software WEKA, que contiene una amplia selección de algoritmos de aprendizaje automático y

permite tanto entrenar como probar un modelo a partir de los datos de entrada. Se eligieron cuatro algoritmos: Naive Bayes, Logistic, J48 y AdaBoostM1, para comparar su desempeño y seleccionar el más adecuado. En nuestro caso, el algoritmo con mejor precisión y tiempo de entrenamiento fue el J48. Se suministró al programa un conjunto de datos que no estaba originalmente en la base de datos y se utilizó el modelo entrenado para predecir si el diseño es adecuado. Hubo 1 error en la predicción y 9 respuestas correctas. Se concluye que la inteligencia artificial, específicamente el aprendizaje automático, permite, a través de la incorporación de un conjunto de datos, predecir si el diseño de una zapata cuadrada aislada de hormigón armado tiene un diseño adecuado con una exactitud aceptable.

## REFERENCIAS

- Chandrasekar P., Qian K., Shahriar H. and Bhattacharya P. (2017). Mejora de la exactitud de predicción de la minería de árboles de decisión con preprocesamiento de datos. 41.<sup>a</sup> Conferencia anual de software y aplicaciones informáticas de IEEE, 481-482.
- Enciclopedia Británica. (2020). Charles Babbage. Disponible en el sitio Web: <https://www.britannica.com/biography/Charles-Babbage> (Último acceso: 15/07/2021).
- Feng D., Liu Z., Wang X., Jiang Z. and Liang S. (2020). Clasificación del modo de falla y predicción de la capacidad portante para columnas de hormigón armado basadas en algoritmos de aprendizaje automático de conjuntos. Ingeniería Informática Avanzada, (45), 1-3.

- Greco L. (2018). Aprendizaje automático y técnicas de optimización para conexiones de acero. Actas del Simposio IASS 2018 Creatividad en diseño estructural, 1-2.
- Holmes G., Donkin A., and Witten I. (1994). WEKA: un banco de trabajo de aprendizaje automático. Actas de ANZIIS'94-Conferencia de sistemas de información inteligente de Australia y Nueva Zelanda IEEE, 357.
- McCarthy J., Minsky M., Rochester N. and Shannon C. (1956). Una propuesta para el proyecto de investigación de verano de Dartmouth. Revista AI, 27(4), 12.
- Mokgonyane T., Sefara T., Modipa T., Manamela M. and Manamela P. (2019). Sistema de reconocimiento automático de locutores basado en algoritmos de aprendizaje automático. Conferencia SAUPEC/RobMech/PRASA, 144-145.
- Naser M.Z., Thai S. and Thai H. (2020). Evaluación de la respuesta estructural de columnas tubulares de acero rellenas de hormigón a través del aprendizaje automático. Revista de Ingeniería de la Construcción, 1-3.
- Samuel A. (1959). Algunos estudios en aprendizaje automático utilizando el juego de damas. Revista de investigación y desarrollo de IBM, 3(3), 211-212.
- Sun H., Burton H. and Honglan H. (2020). Aplicaciones de aprendizaje automático para el diseño estructural de edificios y la evaluación del rendimiento: 2 Revisión del estado del arte. Revista de Ingeniería de la Construcción, 1-8.

Taylor R. (1843). Memorias científicas seleccionadas de las transacciones de academias extranjeras de ciencia y sociedades científicas y de revistas extranjeras, R. y JE Taylor, (3), 722.

Turing A. (1950). Maquinaria informática e inteligencia, Cambridge, MA: MIT Press, 450-451.