

# Revista Tecnología y Productividad

VOL. 3, NO. 3, AÑO 3. DICIEMBRE DE 2017

ISSN 2463-2465

GRUPO DE INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD



**TECNOLOGÍA Y  
PRODUCTIVIDAD**  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN SENA GIRARDOT

**SENNOVA**  
Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación





# Revista Tecnología y Productividad

VOL. 3, NO. 3, AÑO 3. DICIEMBRE DE 2017

ISSN 2463-2465

Grupo de investigación *Tecnología y Productividad*



**Centro de la Tecnología del Diseño  
y la Productividad Empresarial  
Girardot. Regional Cundinamarca**

Con el apoyo del Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA



## Revista Tecnología y Productividad

**VOL. 3, NO. 3, AÑO 3. DICIEMBRE DE 2017**

**ISSN 2463-2465**

**Grupo de investigación** *Tecnología y Productividad*  
Código COL0164025

Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad  
Empresarial. Girardot-Cundinamarca

Con el apoyo del Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA

### REVISTA TECNOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD

**Ph.D. (c) Carlos Fernando Cometa Hortúa**  
Director

#### COMITÉ EDITORIAL

Mg. Gustavo Adolfo Araque Ferraro

Mg. Carlos Arturo Salgar Ramírez

Sp. Lady Johanna Malagón Sánchez

#### COMITÉ CIENTÍFICO

**Ph.D. Martha Cecilia Quicazán Sierra**

Universidad Nacional de Colombia

**Ph.D. Esther Sánchez de Guzmán**

Colegio de Estudios Socioculturales de la  
Alimentación de las Cocinas Colombianas

**Ph.D. Mauricio González Betancourt**

Colciencias-Servicio Nacional de Aprendizaje

**M.Sc. Johanna Esperanza Romero Murcia**

Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”

**Mg. Sofía Imelda Mora Lamilla**

Servicio Nacional de Aprendizaje-Regional Huila

### DIRECTIVOS SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

**José Antonio Lizarazo Sarmiento**

Director General (e) SENA

**José Dario Castro Uribe**

Director de Formación Profesional Integral

**Emilio Eliecer Navia Zúñiga**

Coordinador Sistema Nacional de  
Investigación, Desarrollo Tecnológico  
e Innovación SENNOVA

**Gustavo Adolfo Araque Ferraro**

Director Regional Cundinamarca  
Subdirector (e) Centro de la Tecnología del  
Diseño y la Productividad Empresarial

**Lady Johanna Malagón Sánchez**

Líder SENNOVA del Centro de la Tecnología  
del Diseño y la Productividad Empresarial

#### Edición, corrección y diseño

TALLER DE EDICIÓN ROCCA

#### Impresión y acabados

LA IMPRENTA EDITORES

Revista anual

Tiraje: 1.000 ejemplares

Fecha de publicación: 11 de diciembre de 2017

Distribución gratuita

**Centro de la Tecnología del Diseño  
y la Productividad Empresarial de Girardot  
Regional Cundinamarca**

Dirección: Cra. 10 No. 30-04, La Magdalena  
Girardot (Cundinamarca)

Teléfono: (571) 8310808 Ext. 17780

Páginas web: <http://www.sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/zona-andina/Cundinamarca/Paginas/Cundinamarca.aspx>

<http://www.senagirardot.blogspot.com.co/>

*Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra  
para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.*



# Contenido

|                                                                                                                                                                                                                      |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Presentación                                                                                                                                                                                                         | { 7 }  |
| <i>Presentation</i>                                                                                                                                                                                                  |        |
| Determinación de la colorimetría de agroquímicos aplicados al cultivo de frijol, para el control tosanitario a través de agricultura de precisión, en la finca Buena Vista del municipio de Cabrera, Cundinamarca    | { 9 }  |
| <i>Determination of the Colorimetry of Agrochemicals Applied to the Bean Crop, for the Phytosanitary Control Through Precision Agriculture, in the Buena Vista Farm in the Municipality of Cabrera, Cundinamarca</i> |        |
| JENNIFER ANDREA NIÑO G. * JIMMY ALEXANDER RODRÍGUEZ A.                                                                                                                                                               |        |
| El acompañamiento pedagógico como estrategia para el mejoramiento de la calidad de la formación impartida por los instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia                                 | { 21 } |
| <i>The Pedagogical Accompaniment as a strategy for the improvement of quality of the Training Provided by the Instructors of the National Service of Learning - SENA, Colombia</i>                                   |        |
| CARLOS DARÍO MARTÍNEZ P. * OSCAR ALIRIO ARIAS SERRANO<br>CARLOS ALBERTO VANEGAS P. * MARCELA LÓPEZ U. * IRMA VICTORIA DEL PILAR HOYOS R.                                                                             |        |
| Métodos de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera                                                                                                                                                       | { 31 } |
| <i>Methods of Reducing Pollutant Emissions to the Atmosphere</i>                                                                                                                                                     |        |
| LAURA MARCELA CARDOZO S. * LUIS ALBERTO CURTIDOR G.<br>LUIS ALFREDO LOZANO R.                                                                                                                                        |        |
| Producto turístico sustentable para la provincia del Alto Magdalena                                                                                                                                                  | { 43 } |
| <i>Tourist Product Sustainable for the Province of Alto Magdalena</i>                                                                                                                                                |        |
| GILBERTO ORLANDO ARIAS M. * JULIETH HENAO B.                                                                                                                                                                         |        |

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la formación para el trabajo: un relato desde el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia { 53 }

*Information and Communication Technologies in Training for Work: a Story  
 From the National Service of Learning - SENA, Colombia*

JOSÉ LUIS GUZMÁN O. \* MIGUEL ALFONSO OVIEDO G. \* WILBER EUSTORGIO ÁLVAREZ Á.

Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's) { 63 }

*Digital Models Generation by Photogrammetry Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV's)*

ÓSCAR WILLIAM VERGARA R. \* HAROLD DUARTE R.

Interacción tridimensional arquitectónica { 71 }

*Architectural Three-Dimensional Interaction*

DIEGO ALEJANDRO CABEZA M. \* DANIELA CAROLINA ROMERO M.  
 ENSO CAMILO TORRES G. \* BRIAN STEVEN NARANJO N. \* MILTON JAVIER DUARTE R.  
 CARLOS ANDRÉS HERNÁNDEZ O. \* ÓSCAR ANDRÉS SOLAQUE

Evaluación del comportamiento mecánico de una puerta alemana diseñada con resina poliéster reforzada con fibra de vidrio { 79 }

*Evaluation of the Mechanical Behavior of a German Door Designed  
 With Polyester Resin Reinforced with Fiberglass*

NAIRO JULIÁN RODRÍGUEZ B. \* BUENAVENTURA ROJAS M.  
 JOHAN ARLEY ATUESTA SICACHA \* ANGIE PAOLA RIVERA MORENO

Performance of the Electric Energy Generation in a Photovoltaic System (PV) Based on PELTIER Effect (TEC) in Two Different Locations, La Mesa and Girardot in the Department of Cundinamarca { 91 }

JULIAN FELIPE CARDONA O. \* GERSON ALEJANDRO SAAVEDRA M.

Tendencias teóricas en el manejo de negocios electrónicos { 103 }

*Theoretical Trends in the Management of Electronic Businesses*

SANDRA OFFIR LÓPEZ MORALES

Instrucciones para los autores { 112 }

## Presentación

La investigación aplicada se ha convertido en una función misional determinante para el SENA. A través de ella, los procesos de formación y certificación se hacen pertinentes y los niveles de competitividad de las empresas mejoran.

Como resultado del trabajo adelantado por los grupos de investigación de la institución, dirigidos por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (Sennova), se fomenta la cultura del emprendimiento, se identifican las oportunidades de negocio, se genera un valor diferencial en el sector empresarial y se fortalecen los estándares de calidad y pertinencia en la formación profesional.

En este contexto, adquiere relevancia ‘Tecnología y Productividad’, revista anual de divulgación científica, publicada desde el año 2015. El SENA en Girardot presenta esta tercera edición, con los resultados -parciales y definitivos- de los procesos de ciencia, tecnología e innovación liderados por las regionales de la entidad en Cundinamarca, Boyacá, Santander y Córdoba y la Escuela Nacional de Instructores, a través del Programa de Acompañamiento Pedagógico QAP.

A ello se suma la noticia de la consolidación del Grupo de Investigación ‘Tecnología y Productividad’, que con sólo tres años logró ser reconocido por Colciencias en la categoría C.

Ante este ente, rector de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia, fueron presentadas las evidencias que confirman la producción de conocimiento, el desarrollo tecnológico, la innovación, la apropiación social de saber y la formación de talento humano. Esto, gracias al compromiso de los integrantes del grupo y a la decidida gestión de la institución frente al quehacer investigativo.

En este sentido, cabe decir, en 2017 el Grupo de Investigación 'Tecnología y Productividad' publicó cuatro libros; además, obtuvo productos de desarrollo tecnológico y gestionó dos patentes -en curso-. Estas últimas se encuentran en etapa de petición del examen de patentabilidad ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

De forma paralela, este equipo dio impulso a la consolidación de empresas de base tecnológica, denominadas 'spin off', porque nacieron de proyectos de investigación. Uno de ellos, basado en el mejoramiento del proceso productivo de las unidades de transformación de frijol de soya en los municipios de Anapoima, Nilo y Girardot. Y el otro, relacionado con alternativas para el manejo fitosanitario del cultivo de aloe vera en los municipios de Agua de Dios y Ricaurte.

Con iniciativas de tal magnitud e invaluable alcance, el Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial del SENA reafirma su enfoque científico, a la vez que reconoce el talento, el esfuerzo y la constancia de todos sus investigadores y la líder Sennova. De ahí el interés en apoyarles, motivarles y proporcionarles estabilidad, con la idea que sigan avanzando en la búsqueda de la verdad, a través de la investigación.

#### **GUSTAVO ADOLFO ARAQUE FERRARO**

Director del SENA en Cundinamarca  
Subdirector (E) Centro de la Tecnología del  
Diseño y la Productividad Empresarial, Girardot

Determinación de la colorimetría de agroquímicos aplicados al cultivo de frijol, para el control fitosanitario a través de agricultura de precisión, en la finca Buena Vista del municipio de Cabrera, Cundinamarca

---

*Determination of the Colorimetry of Agrochemicals Applied to the Bean Crop, for the Phytosanitary Control Through Precision Agriculture, in the Buena Vista Farm in the Municipality of Cabrera, Cundinamarca*

**JENNIFER ANDREA NIÑO G.**

**Ingeniera Agrónoma  
Maestrante en Ciencias Ambientales  
Instructora Centro Agroecológico  
y Empresarial SENA  
jninog@misena.edu.co**

**JIMMY ALEXANDER RODRÍGUEZ A.**

**Ingeniero Electrónico  
Especialización en Medio Ambiente  
y Desarrollo de la Comunidad  
Instructor Centro Agroecológico  
y Empresarial SENA  
jarogriguez2728@misena.edu.co**

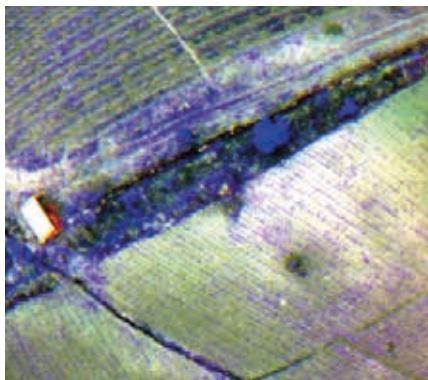
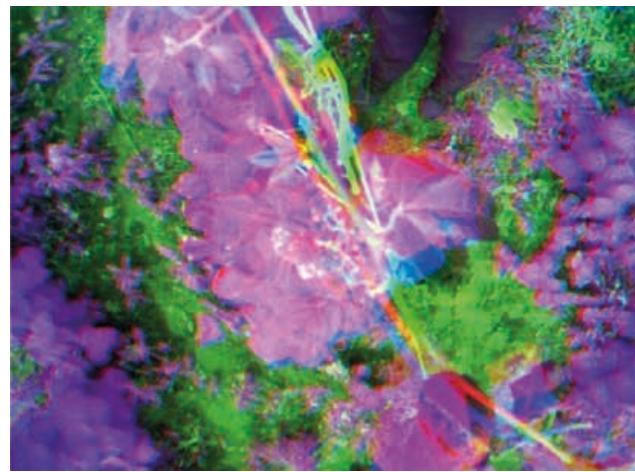
**Fecha de recepción:** 10 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 5 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 28 de agosto de 2017









# Determinación de la colorimetría de agroquímicos aplicados al cultivo de frijol, para el control fitosanitario a través de agricultura de precisión, en la finca Buena Vista del municipio de Cabrera, Cundinamarca

## *Resumen*

El Centro Agroecológico y Empresarial cuyo grupo de investigación IDICAEF, en trabajo conjunto con su semillero de investigación ASISNOVA, ha buscado fortalecer el sector primario del área de influencia en la provincia del Sumapaz, la cual se ha convertido en el laboratorio de búsqueda de soluciones a través de procesos de innovación, investigación y desarrollo tecnológico articulados con el ejercicio adecuado de la formación profesional integral. Estas condiciones han permitido la incursión en temas especializados como la agricultura de precisión, que es el pilar del proyecto denominado Optimización del MIPE (Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades) en los ciclos fenológicos del cultivo del frijol, variedad bola roja, a través de un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes multiespectrales capturadas con drones en la vereda Alto Ariari del municipio de Cabrera, Cundinamarca.

La investigación se desarrolló en la vereda Alto Ariari, la cual posee el 50% de la siembra del frijol en el municipio (Corporación Colombia Internacional,

2010). Se tomó como piloto la finca Buena Vista, que cuenta con 24 hectáreas sembradas en frijol, variedad bola roja (*Phaseolus vulgaris*), en la cual se realizó la captura de las imágenes multiespectrales tomadas con un drone, permitiendo identificar la colorimetría referente a la fijación de agroquímicos y la identificación de plagas para un eficaz control fitosanitario del cultivo de frijol, mejorando las condiciones para su desarrollo económico.

*Palabras clave:* control de insectos, sistema de explotación agrícola, legumbres, insecticida.

## *Abstract*

The Agroecological and Business Center, whose IDICAEF research group, working together with its research center ASISNOVA, has sought to strengthen the primary sector of the area of influence in the province of Sumapaz, which has become the laboratory for finding solutions to through processes of innovation, research

and technological development articulated with the proper exercise of integral professional training. These conditions have allowed the incursion in specialized topics such as precision agriculture, which is the pillar of the project called Optimization of the MIPE (Integrated Pest and Disease Management) in the phenological cycles of the bean crop, red ball variety, through a acquisition system and processing of multispectral images captured with drones in the Alto Ariari village of the Municipality of Cabrera, Cundinamarca.

This research was carried out in the Alto Ariari district of the zone, which owns 50% of the bean planting in the municipality (Corporación Colombia Internacional, 2010). The farm Buena Vista finca Parcela 1 was taken as pilot, which has 242 hectares planted in beans, red ball variety (*Phaseolus vulgaris*). In which the capture was made of Currently, the capture of multispectral images taken with a drone is made, which allows comparing with samples obtained manually, which will allow the identification of the colorimetry referring to the fixation of agrochemicals and the pest identification for an effective phytosanitary control of the bean crop, improving the conditions for its economic development.

**Keywords:** Insect Control, Farming System, Legumes, Insecticide.

## Introducción

El cultivo de frijol se desarrolla de forma adecuada en temperaturas promedio entre 15 y 27 °C, considerando que largos periodos con altas temperaturas aceleran el crecimiento de las plantas y las bajas lo retardan además de causar daños irreversibles cuando son extremas. Teniendo en cuenta que el frijol es una especie de días cortos, la siembra en épocas adecuadas permite limitar la influencia de días de más de 6 horas de luz, que podrían retardar su proceso de floración y madurez (Ríos & Quirós, 2002).

En Colombia, los cultivos de frijol se encuentran ubicados entre los 1.000 a 3.000 msnm, se desarrolla de manera adecuada en suelos franco-limosos y franco-arcillosos, bien drenados y profundos, que permiten un buen desarrollo radicular. El pH del suelo, debe estar entre 5,5 a 6,5 (Restrepo, Martínez & Carmona, 2007). Los requerimientos hídricos para el cultivo son de alrededor de 500 mm/ciclo, bien distribuidos en las diferentes etapas de desarrollo en donde el mayor consumo de agua por la planta se presenta en las etapas de floración y formación de las vainas, siendo necesario suministrar los niveles de agua adecuados ya que la planta no es tolerante a su déficit ni a su exceso (Ríos & Quirós, 2002).

En el cultivo de frijol existe un sin número de enfermedades y plagas que atacan esta producción, especies como los trips (*Palmi*) mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*); pasador (*Neoleucinodes elegantalis*), y Minador (*Liriomyza trifolii*), han sido registradas como unas de las principales plagas.

En cuanto a las enfermedades, se presentan la antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*); y la mancha anillada (*Phoma exigua* var. *diversispora*), entre otras. La gravedad del ataque de estas plagas y enfermedades en los cultivos, es el desequilibrio causado en los subsistemas del cultivo (planta, flora, fauna, agua, aire), debido a la aplicación de agroquímicos para el control que termina generando un impacto ambiental negativo y afectando también la salud de los trabajadores que intervienen en el proceso productivo.

En Colombia la producción para el año 2013 fue de 100.619,1 ton de frijol, siendo el Huila el principal departamento productor con 25.588 ton, seguido por el departamento del Tolima con 22.847 ton, Cundinamarca con 14.665 ton, Norte de Santander con 10.990 ton y Santander con 7.194 ton (Ávila, 2015).

En Cundinamarca, en la provincia del Sumapaz, el municipio de Cabrera es el principal generador de ingresos del sector agrícola de la zona; este municipio

se halla en el sur de la provincia y, debido a la cercanía con el páramo del Sumapaz, cuenta con microclimas específicos, que brindan las condiciones para sembrar frutas tipo exportación como la gulupa y la granadilla (Jaller, 2011), además permite la producción de granos como el frijol bola roja, considerado el mejor de la región.

La mayor producción de frijol bola roja se localiza en Cabrera, siendo uno de sus productos más representativos. Su siembra es realizada en zonas de pendiente, con un área sembrada de 656 y 585 hectáreas, en la cual la vereda Alto Ariari, posee el 50%, de la siembra del municipio (Corporación Colombia Internacional, 2010).

### Uso de agroquímicos

En Colombia, el control de plagas y enfermedades de los diferentes cultivos, especialmente los cultivos hortícolas, se basan específicamente, en la compra, uso y aplicación de productos de síntesis química. Las sustancias químicas o sus productos de degradación, siempre tienen un impacto en el medio ambiente, ya sea en menor o mayor grado de acuerdo a sus niveles toxicológicos.

El uso indiscriminado de estos productos, la aplicación de los mismos sin el uso adecuado de las normas de protección, la utilización de dosis inadecuadas (en mayores cantidades), el exceso de las frecuencias de aplicación y no cumplir con los periodos de carencia establecidos, entre otros, pone de manera permanente en riesgo, no solo al ambiente circundante a estos sistemas productivos, sino a las personas directamente involucradas en el proceso de producción y, por tanto, al consumidor final (Arias, 2014). Dentro de los problemas que puede presentar el medio ambiente a causa de las aplicaciones intensivas de agroquímicos se pueden listar los siguientes (Liess, 1999):

- **Contaminación del aire:** condiciones respiratorias en seres vivos, pérdida de biodiversidad.

- **Contaminación del suelo:** eliminación de organismos nativos de la zona que no afectan a los cultivos presentes, alimentos contaminados, efectos negativos en la fauna y flora nativa.
- **Contaminación del agua:** contaminación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas, ecosistemas acuáticos.
- Efectos de resistencia de poblaciones de plagas.
- Riesgos para la salud humana.

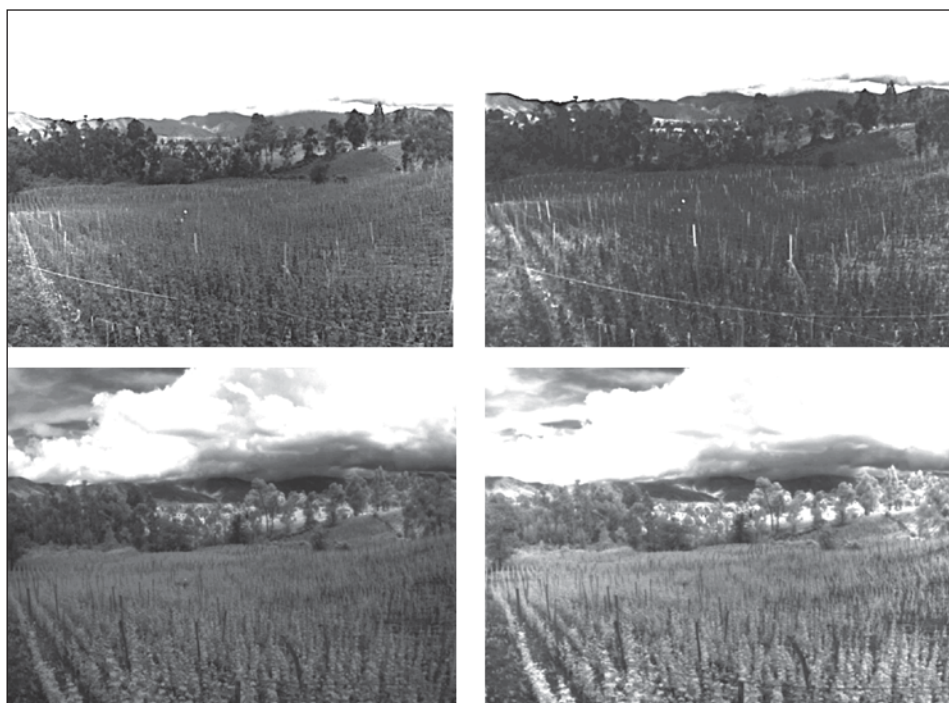
### La agricultura de precisión en el cultivo de frijol

Los avances tecnológicos actuales han permitido que cada proceso se mejore de forma constante, muestra de esto es la incursión de drones o Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) en el área agrícola (además de otras tecnologías), que han permitido la creación e implementación de la agricultura de precisión.

Uno de los instrumentos que acompañan a estos vehículos son las cámaras multiespectrales, que capturan imágenes del espectro de colores visibles y no visibles. La cámara multiespectral captura 4 bandas de colores:

- Verde (G): 550 nm
- Rojo (R): 660 nm
- Borde rojo: 735 nm
- Infrarrojo cercano (nIR): 790 nm

Estas bandas se pueden combinar para crear una imagen (ver Imagen 1), las cuales muestran las fotografías multiespectrales del cultivo de frijol, 4 espectros utilizados Verde (G), Rojo (R), Borde rojo, Infrarrojo cercano (nIR).



**Imagen 1.** Fotografías multiespectrales del cultivo de frijol. **Fuente:** los autores.

La agricultura de precisión se basa en efectuar la aplicación correcta de insumos agrícolas, en el momento adecuado, en el lugar preciso y con la dosis de óptima demandada por los cultivos, apoyada con herramientas que facilitan el monitoreo frecuente y la automatización de los procesos requeridos con precisión, siendo las variables de interés agrícola que definen la producción y desarrollo de los cultivos, de alta variabilidad espacial y temporal (Ojeda, Pérez, González & Flores, 2017).

## Materiales y métodos

El presente artículo es derivado de la investigación finalizada del proyecto optimización del MIPE (Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades) en los ciclos fenológicos del cultivo de frijol variedad bola roja a través de un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes multiespectrales capturadas con drone

en la vereda Alto Ariari del municipio de Cabrera, Cundinamarca. Esta investigación fue realizada con recursos de SENNOVA.

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, este se enmarca en dos momentos; el primero, consta de las pruebas de campo en el cultivo de frijol y la toma de imágenes multiespectrales, con el uso de drone y la cámara multiespectral (Press, 2016) para identificar la colorimetría de los agroquímicos aplicados y plagas y enfermedades del cultivo de frijol; el segundo momento, se da a partir de la recolección de datos para el procesamiento de las imágenes y el análisis de estas.

### Selección del predio

Esta selección se realizó de forma aleatoria con base en un listado de cincuenta predios posibles, en donde todos tenían la misma probabilidad de ser seleccionados. El predio seleccionado corresponde a la señora Ana Céfora Jiménez, propietaria de la finca Buena Vista.



## Ubicación del predio

La finca Buena Vista se encuentra ubicada en la vereda Ariari y cuenta con las siguientes características:

- Ubicada a 15 km del casco urbano.
- Longitud 3°5939;07;N 74°3039;03,3W.
- 2250 msnm.
- Temperatura promedio de 17 °C.
- Área total: 24.000 m².

## Metodología

El proceso de investigación se fundamentó en la determinación de la colorimetría de agroquímicos aplicados al cultivo de frijol, para el control fitosanitario (plagas y enfermedades) a través de agricultura de precisión, mediante imágenes multiespectrales capturadas con un drone, para el proyecto de investigación se utilizó una cámara parrot sequoia (Parrot) y un drone matrice 100 (Matrice) (ver imágenes 2 y 3).

La captura de imágenes se realizó gracias a un sistema integrado de la cámara que, mediante un cálculo matemático, permitió definir los tiempos para fotografiar determinadas zonas del cultivo o todo el terreno completo.



**Imagen 2.** Drone matrice 100. **Fuente:** los autores.

$$\text{Time lapse} = \frac{\text{duración del evento}}{(\text{fps} * \text{resolución})}$$

Así se definió que cada 1.5 segundos se realizaría la toma de las fotografías, lo cual permitió obtener imágenes con alta calidad para realizar el análisis de las mismas.

Antes del inicio de la toma de fotografías con la cámara multiespectral parrot sequoia y utilizando como herramienta el drone matrice 100, se realizaron unas tomas fotográficas a una altura de 80 cm, con el fin de determinar los parámetros de comparación y definir la colorimetría.

Se tomaron algunas imágenes de plagas presentes en el cultivo, las cuales generaron diferentes espectros permitiendo identificarlas por el color específico que presentaban; se procedió a organizar las bandas de color de las imágenes para lo cual se utilizó el programa ArcGis 10.3, que permitió ubicar las bandas una sobre otra para generar imágenes multiespectrales y así identificar los colores generados por visualizar el espectro de colores que generaban determinando algunas características específicas de la planta, insecto y/o agroquímico, logrando determinar la colorimetría.

Las principales características del equipo de captura radican en una cámara de 4 bandas de color (infrarrojo cercano, infrarrojo lejano, verde y rojo), la cual



**Imagen 3.** Cámara Parrot sequoia. **Fuente:** los autores.

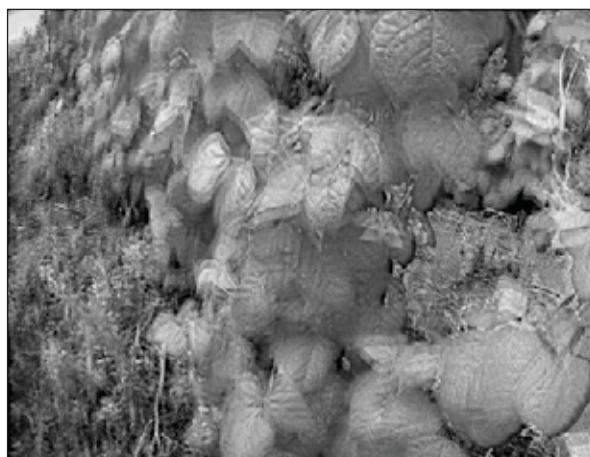
permite tener un amplio espectro de señales convertidas en imágenes. De las cuales se obtuvo fotografías que, por sí mismas generan información específica, especialmente si se analizan las diferentes franjas espectrales en las que puede trabajar la cámara, entre las que se encuentran:

- **Verde:** discrimina la vegetación sana, es posible determinar usos agrícolas.
- **Rojo:** discrimina especies vegetales, establece límites geológicos y de suelos, es posible determinar usos agrícolas.
- **Infrarrojo cercano:** delimitación de biomasa vegetal, identificación de cultivos, discriminación suelo-cultivo-agua.
- **Infrarrojo medio:** estimación del contenido de humedad en plantas (*stress* hídrico en cultivos) y suelos, separación entre nubes, nieve y hielo, establecer límites de geología y suelos.

## Resultados

El proceso de investigación generó los siguientes resultados determinando la colorimetría de los agroquímicos y la identificación de plagas para el control fitosanitario en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) capturados con imágenes multiespectrales a través de drone.

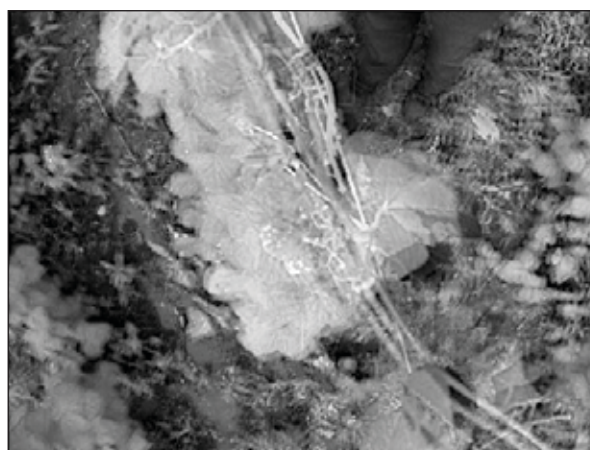
El procedimiento inició de la captura de imágenes del cultivo de frijol el cual se realizó en estado de crecimiento, desde donde a través de las diferentes imágenes se identificó el terreno que aparentemente se encontraba sano, sin embargo en algunos sitios del cultivo se identificaron umbrales de plagas entre las que se encontraron trips (*Palmi*); el pasador *Neoleucinodes elegantalis*, Minador *Liriomyza trifolii* (ver imágenes 4, 5 y 6).



**Imagen 4.** Planta de frijol con incidencia trips (*Palmi*).  
**Fuente:** los autores.

En la Imagen 4 se puede observar una planta de frijol que presenta un foco del insecto trips (*Palmi*), este es el más común en el cultivo de estudio y de muchos otros cultivos importantes en Colombia. Los potenciales daños de este insecto se incrementan durante las épocas secas.

El *Thrips palmi* en estado adulto es de color amarillo pálido, mide alrededor de un milímetro de longitud y presenta alas con bordes flecosos, en la imagen multiespectral este insecto se identifica con un color rojo, el cual se encuentra en el haz de las hojas y se pueden observar de color morado; esto permite que



**Imagen 5.** Planta de frijol con incidencia de pasador (*Neoleucinodes elegantalis*). **Fuente:** los autores.

en una fotografía aérea tomada con cámara multiespectral con el uso de drone se pueda filtrar el color específico para identificar los focos de afectación dicha plaga, la cual es de fácil detección mediante este tipo de imágenes, permitiendo así al agricultor aplicar las medidas correctivas sobre el nicho específico y no sobre todo el cultivo, generando una reducción significativa en los costos de producción.

La Imagen 5 presentó ruido digital, lo que ocasionó que los espectros visibles no quedaran homogéneos, sin embargo, se pudo detectar las características del color morado de las hojas y entre ellas color blanco que genera la plaga de pasador (*Neoleucinodes elegantalis*), permitiendo el control de este insecto mediante el espectro de este color para el manejo fitosanitario en el cultivo de frijol.



**Imagen 6.** Planta de frijol con incidencia de minador (*Liriomyza trifolii*). **Fuente:** los autores.

En la Imagen 6 se muestra el espectro de la planta del cultivo de frijol de color morado, identificando al insecto minador (*Liriomyza trifolii*) con un espectro de color verde que tiene algunas tonalidades blancas, permitiendo así de forma eficiente su control mediante el uso de imágenes multiespectrales.

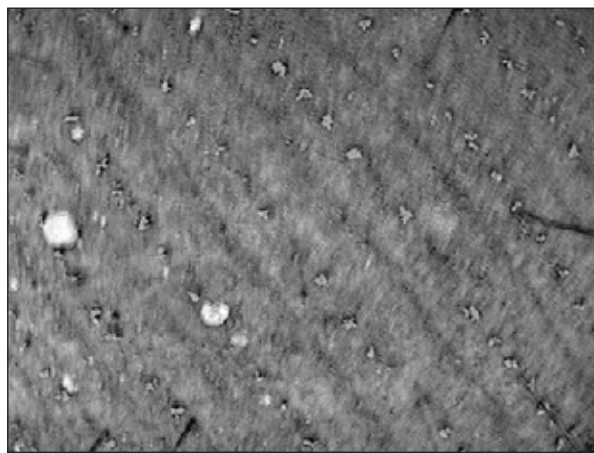
En la Imagen 7 se puede observar una fotografía aérea tomada con drone matrice 100 a 22 metros de altura sobre el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*), identificando

las plantas de color morado y los focos de incidencia de plagas en el cultivo con cada filma espectral.

En la determinación de la colorimetría para los productos agroquímicos aplicados en el cultivo, se utilizó la banda (Green, infrarrojo cercano y Red) donde se pueden observar (Imagen 8), el color verde fosforescente que toman las plantas de frijol y una aréola de color violeta en los sitios del cultivo donde se había realizado la aplicación de una mezcla de agroquímicos.



**Imagen 7.** Fotografía aérea de cultivo de frijol a 22 metros de altura. **Fuente:** los autores.

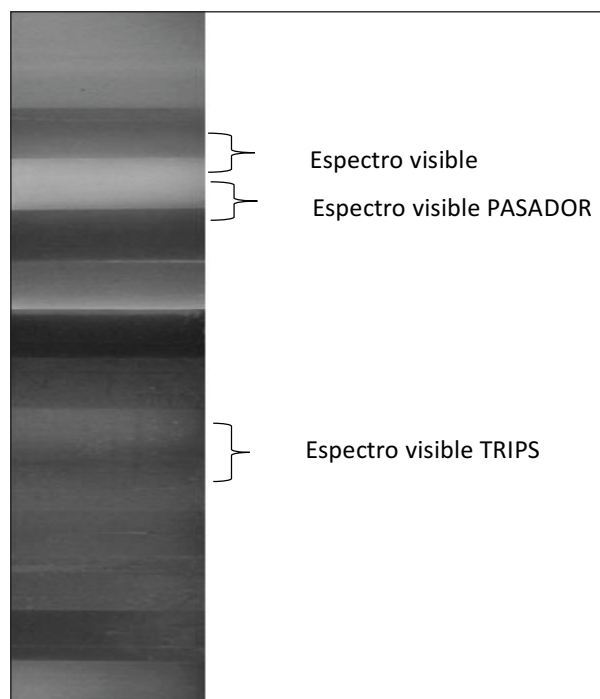


**Imagen 8.** Cultivo de frijol con aplicación de agroquímicos. **Fuente:** los autores.

A continuación, se ilustra la tabla colorimétrica (Imagen 9) en la que un espectro de color RGB específico



que se identificó para la detección de las plagas que afectan al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).



**Imagen 9.** Tabla de colorimetría detectada para plagas en el cultivo de frijol bola roja en la vereda de Alto Ariari, Cabrera, Cundinamarca. **Fuente:** los autores.

## Recomendaciones

- Es importante dar un tiempo estático al drone mientras se capturan las imágenes, pues cabe resaltar que cada una de las bandas es una fotografía, la cámara multiespectral realiza cuatro fotografías que son las que posteriormente se solapan; si la cámara no está estática al menos en un corto periodo de tiempo estas fotografías presentarán ruido digital. Este tiempo estático se debe configurar en el vuelo del drone.
- De ser posible es más eficiente configurar el vuelo del drone mediante un *software* que permita que la acción sea delimitada a una zona específica, algunos *software* recomendados son pix4d, DJI GO, así se eliminará el posible error humano en el vuelo y en la fotografía.

- Se recomienda el uso de estas tecnologías de agricultura de precisión para reducir costos y aumentar productividad en los cultivos.

## Conclusiones

- La aplicación de la tecnología como el uso de drone implica un aumento de productividad, así como la reducción drástica de tiempos y coste. Los drones junto con las cámaras multiespectrales son una herramienta de gran utilidad para la obtención de datos relacionados con la agricultura de precisión en zonas o áreas reducidas, siendo útiles para testear determinadas áreas de grandes extensiones de terreno y extrapolar esta información al resto de la superficie, esta herramienta es necesaria para estudiar las grandes explotaciones agrícolas.
- Se observa que con el uso de drones o vehículos aéreos no tripulados y las cámaras multiespectrales, podemos realizar de manera más eficiente la toma de decisiones en el cultivo, al determinar los focos de plagas y enfermedades, disminuyendo los costos en la compra de agroquímicos y ahorrando tiempo en su aplicación, ayudando así al medio ambiente por la reducción del uso de plaguicida.
- Se destaca la utilidad de los sistemas de información geográfica para tratar imágenes aéreas procedentes de drone con cámara multiespectral y su aplicación para realizar estudios y mapeos en agricultura de precisión.

## Referencias

- AGRONET. (2010). Obtenido de: [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/2006419142629\\_Agriculturadepresici%C3%B3n.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006419142629_Agriculturadepresici%C3%B3n.pdf)
- Arias, L., Bojacá, C., Ahumada, D., & Scherevens, E. (2004). *Estadísticas para el sector agrícola*. Obtenido de: <http://www.agronet.gov.co>



- Ávila, E. (2015). *Manual de frijol*. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá.
- Berrio, V., Mosquera, J., & Alzate, D. (2015). *Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión*. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Volumen 13. Universidad de Pamplona.
- Cárdenas, C. (2016). *Plan de desarrollo municipal 2016-2019, municipio de Cabrera, Cundinamarca*. "Todos unidos trabajando por Cabrera". Cabrera.
- Corporación Colombia Internacional. (2010). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales*. Bogotá: Secretaría de Agricultura Departamental y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Cortés, S. (2011). *Seminario de Investigación I*. En: Diseño de Investigación. Bogotá.
- Díaz, C., & Cervigón J. (2015). *Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Universidad Complutense de Madrid.
- ESRI. (2009). Obtenido de: <http://www.esri.com/library/bestpractices/gis-for-fagriculture.pdf>
- Gobernación de Cundinamarca. (2010). *Estadísticas de Cundinamarca 2010*. Bogotá: Panamericana Formas e impresos.
- Guerrero, M. (2011). *Desarrollo de un módulo SIG para el manejo de imágenes multiespectrales orientado a la agricultura de precisión*. Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Jaller, S. (2011). *Análisis de los sistemas de producción agrícola de las provincias de Soacha y Sumapaz (Cundinamarca)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO.
- Liess, M. (1999). *Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia*.
- Montoya, G. (2010). *El frijol*. (Tesis de pregrado). UDEC. Fusagasugá: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Ingeniería Agronómica.
- Moreno, V, & Rodríguez, E. (1999). *Determinación experimental de la firma espectral de la vegetación una sencilla práctica de introducción a la teledección. Avances y Aplicaciones*. VIII Congreso Nacional de Teledección. Albacete, España, pp 429-432.
- Mosquera, J., & Gómez, E. (2012). Manizales, Universidad de Caldas, Luna Azul, N° 34, núm. 34 pp 148-169.
- Navarro, R., Hayas, A., García, A., Hernández, R., Duhalde, P., & González, L. (2005). *Caracterización de la situación pos incendio en el área afectada por el incendio de 2005 en el Parque Nacional de Torres del Paine (Chile) a partir de imágenes multiespectrales*. Chile.
- Ojeda, W., Pérez, M., González, A., & Flores, J. (Julio-Agosto de 2017). "Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola". (I. M. Agua, Ed.). *Tecnología y Ciencias del Agua*, VIII(4), pp. 157-166. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353551867010>
- Restrepo J., Martínez T., & Carmona, M. (2007). *Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble*. Manual técnico. Corpoica, Mana, FAO.
- Ríos, B., & Quirós, D. (2002). *El frijol (phaseolus vulgaris L.). Cultivo, Beneficio y Variedades*. Medellín: Convenio Fenalce.
- Rodríguez, M. (2014). *Validación de un modelo de agua libre sobre el follaje, como herramienta para el manejo racional de plaguicidas en cultivos de tomate bajo invernadero*. Bogotá.
- Van der Werf, H. M. (1996). "Assessing the impact of pesticides on the environment". *Agriculture, Ecosystems & Environment*.



## El acompañamiento pedagógico como estrategia para el mejoramiento de la calidad de la formación impartida por los instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia

*The Pedagogical Accompaniment as a strategy for the improvement of quality of the Training Provided by the Instructors of the National Service of Learning - SENA, Colombia*

### **CARLOS DARÍO MARTÍNEZ P.**

**Coordinador Escuela Nacional de Instructores**  
cdmartinez@sena.edu.co

### **CARLOS ALBERTO VANEGAS P.**

**Líder Nacional Acompañamiento Pedagógico ENI**  
cvanegasp@sena.edu.co

### **IRMA VICTORIA DEL PILAR HOYOS R.**

**Instructora. Formador de Formadores. Equipo Nacional de Acompañamiento Pedagógico Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial. Girardot, Regional Cundinamarca**  
vhoyos@sena.edu.co

### **OSCAR ALIRIO ARIAS SERRANO**

**Instructor. Equipo Nacional de Acompañamiento Pedagógico. Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial. Girardot, Regional Cundinamarca**  
oalirio@sena.edu.co

### **MARCELA LÓPEZ U.**

**Profesional Escuela Nacional de Instructores Equipo Nacional de Acompañamiento Pedagógico**  
olopezu@sena.edu.co

**Fecha de recepción:** 15 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 16 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 30 de agosto de 2017









# El acompañamiento pedagógico como estrategia para el mejoramiento de la calidad de la formación impartida por los instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia

## *Resumen*

La formación pedagógica de los instructores del SENA se convierte en un elemento importante y necesario para los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de los aprendices. La Escuela Nacional de Instructores ha desarrollado el “Programa de Acompañamiento Pedagógico para la Cualificación de Instructores SENA”, como herramienta que permita el fortalecimiento de la formación profesional integral. Realizado el diagnóstico (primera fase del programa), los instructores se forman de acuerdo con las necesidades evidenciadas. En la tercera fase (acompañamiento), se establecen los procesos de acompañamiento in situ a los instructores estableciendo un encuentro pedagógico entre el instructor y el acompañante pedagógico, donde la formación recibida se convierte en centro de atención. Actualmente, la Escuela a través del equipo nacional de acompañamiento, ha realizado el diagnóstico en las 33 regionales y los 118 centros de formación, consolidándose como una fuente importante de información de cómo los instructores realizan sus prácticas y a su vez, información para la generación de rutas de formación en

competencias pedagógicas de los instructores acordes a las necesidades evidenciadas.

*Palabras clave:* calidad de la educación, formación de docentes, educación técnica, pedagogía.

## *Abstract*

The pedagogical training of the instructors of SENA becomes an important and necessary element for the teaching, learning and assessment processes of the trainees. The National School of Instructors has developed the “Program of Pedagogical Accompaniment for the Qualification of SENA Instructors”, as a tool that allows the strengthening of comprehensive vocational training. Once the diagnosis has been made (first phase of the program), the instructors are trained according to the evidenced needs. In the third phase (accompaniment), the on-site accompaniment processes are established for the instructors, establishing a pedagogical encounter between the instructor and the pedagogical accompanist, where the training received becomes the

focus of attention. Currently, the School through the national accompaniment team has made the diagnosis in the 33 regional and 118 training centers, becoming an important source of information on how instructors perform their practices and in turn, information for the generation of routes of training in pedagogical competences of instructors according to the evidenced needs.

*Keywords:* Quality Education, Teacher Training, Technical Education, Pedagogy.

## Introducción

El Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, es un establecimiento público del orden nacional, con personería jurídica, patrimonio propio e independiente, y autonomía administrativa, adscrito al Ministerio del Trabajo de Colombia. Ofrece formación gratuita a millones de colombianos que se benefician con programas técnicos, tecnológicos y complementarios que, enfocados en el desarrollo económico, tecnológico y social del país, entran a engrosar las actividades productivas de las empresas y de la industria, para obtener mejor competitividad y producción con los mercados globalizados.

La Escuela Nacional de Instructores "Rodolfo Martínez Tono" (ENI) es la estrategia de la Dirección de Formación Profesional del SENA que busca atraer, retener e incentivar a los mejores para que sean instructores de excelencia. Con esta premisa, la ENI promueve la cualificación del instructor que aporta a la política de calidad de la formación profesional integral de la institución. De aquí, la ENI lidera la cualificación permanente de los instructores a través de planes, programas y proyectos, para contribuir a la política de mejoramiento de la calidad de la formación profesional integral, en el marco de la política pedagógica, valores y filosofía institucional.

Actualmente, el SENA cuenta con una planta de 32.000 instructores, distribuidos en 33 regionales, 117 centros de formación, 5 tecnoacademias y 15 tecnoparques.

Por la labor desempeñada, es necesario que los instructores SENA se encuentren en permanente proceso de capacitación, tanto en sus competencias técnicas como las pedagógicas. Para esto, desde la Dirección General de Formación, se han establecido planes de capacitación.

Sin embargo, muchas veces las capacitaciones que se ofrecen a los instructores no son acordes con las necesidades de ellos mismos, de sus centros de formación y sus regionales; en tanto que los contextos en los que se mueven los aprendices no son iguales. Es por esto que, aunque se oferten dichas formaciones, no siempre se logra el objetivo propuesto, que es el mejoramiento de la calidad de la formación profesional integral impartida por los instructores a los aprendices.

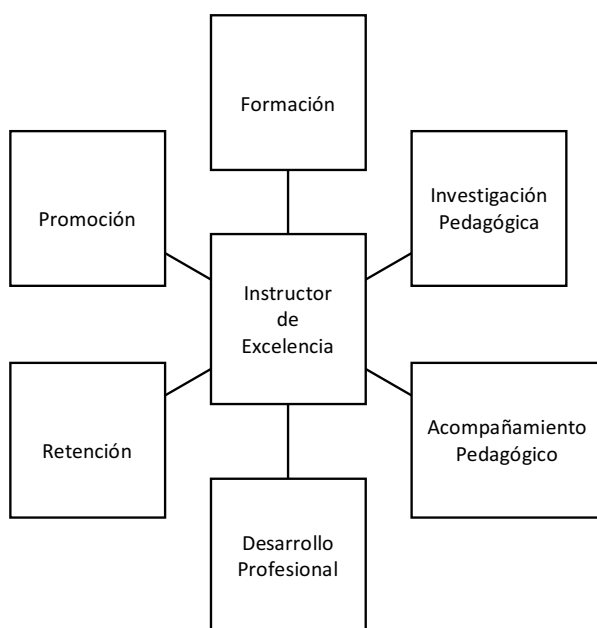
Desde la política de calidad institucional, se busca que la formación de los aprendices sea pertinente, competitiva y que les permita participar en la sociedad, logrando que ellos obtengan las competencias que requieren para desenvolverse exitosamente en el contexto laboral, local y nacional.

Así las cosas, el Programa de Acompañamiento Pedagógico para la Cualificación de Instructores SENA, está dirigido a todos los instructores del país para que comprendan y transformen su trabajo de manera tal que incidan positivamente en el aprendizaje de los aprendices, y que esté en relación con las dificultades que encuentra un instructor diariamente en el ambiente de formación.

El acompañamiento a los instructores por parte de la ENI tiene como propósito detectar fortalezas y necesidades de formación en competencias pedagógicas y didácticas de los instructores, para de esta forma desarrollar planes de capacitación acordes a las mismas.

## La Línea de Acompañamiento Pedagógico

Con el Decreto 006/2014 se creó la Escuela de Instructores. Para desarrollar su labor que es “Promover la excelencia de la docencia, de allí que busca atraer, retener e incentivar a los mejores colombianos, para que sean instructores de excelencia de la entidad”, la Escuela se divide en 6 líneas o ejes de trabajo como se muestra en la Figura 1.

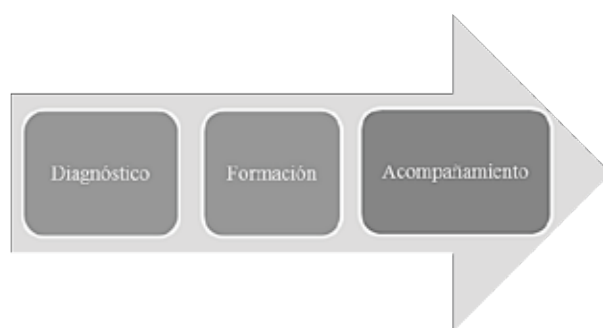


**Figura 1.** Líneas o ejes de trabajo de la Escuela Nacional de Instructores “Rodolfo Martínez Tono”.

**Fuente:** <http://www.sena.edu.co/es-co/comunidades/instructores/Paginas/default.aspx>. Consultado el 10 de octubre de 2017.

Al eje denominado “Acompañamiento Pedagógico”, pertenece el Programa de acompañamiento pedagógico que se inició en el año 2015 con la fase diagnóstica en las regionales Distrito Capital y Cundinamarca. Actualmente, el programa ha llegado a todos los centros de formación del país, correspondiente a las 33 regionales, realizando visitas más de 15.000 instructores en los diferentes ambientes de formación de la institución.

En la Figura 2, se observan las fases del Programa de Acompañamiento:



**Figura 2.** Fases a desarrollar para el Programa de Acompañamiento Pedagógico en el SENA. **Fuente:** elaboración propia.

### Primera Fase: el diagnóstico

Para establecer las rutas de formación de los instructores en cuanto a sus competencias pedagógicas, es necesario determinar las fortalezas y necesidades de formación en competencias pedagógicas de los mismos. Este es el objetivo del diagnóstico, y se realiza en 3 momentos claramente definidos.

### *Heterodiagnóstico*

Se lleva a cabo mediante observación directa (in situ), a los instructores en los ambientes de formación y es realizada por un “acompañante pedagógico”. La visita se realiza sin previa concertación con el instructor. Durante 2 horas, utilizando el instrumento de heterodiagnóstico, el acompañante pedagógico recolecta la información en 4 aspectos básicos de la formación pedagógica del instructor, como se muestra en la Figura 3. Se considera como unidad de análisis la ejecución de la formación por parte de los instructores, y como variable el cumplimiento del instructor en la ejecución de un aspecto específico.

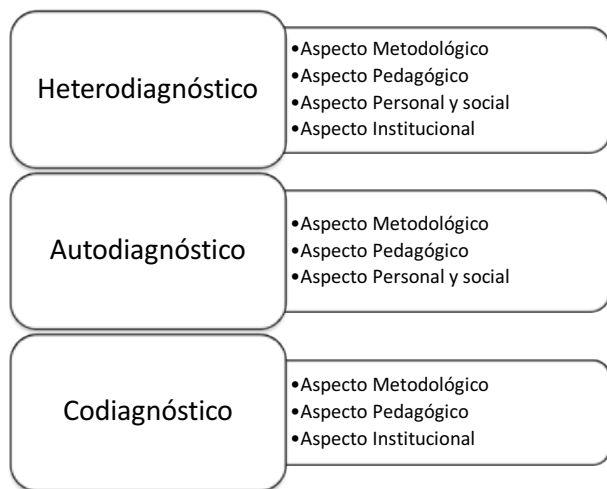
- 1 El acompañante pedagógico es un instructor en ejercicio con formación pedagógica formal y formación pedagógica SENA, capacitado por la ENI en todo lo referente al proceso de diagnóstico y de acompañamiento pedagógico. Se ha establecido que cada centro de formación tenga 2 acompañantes pedagógicos. Al momento, la Escuela ha formado 255 acompañantes pedagógicos en todo el país.

### Autodiagnóstico

Posterior a la visita de heterodiagnóstico y mediante el instrumento de autodiagnóstico dispuesto en plataforma, el instructor realiza la valoración de su actividad pedagógica con los aprendices. El autodiagnóstico busca medir la reacción del instructor frente a una afirmación eligiendo una categoría de una escala tipo Likert. El instrumento de autodiagnóstico recolecta información en 3 aspectos básicos como se observa en la Figura 3. La unidad de análisis es el autoconcepto del instructor frente a su quehacer pedagógico y la variable de estudio el nivel de dominio en las competencias pedagógicas del instructor.

### Codiagnóstico

El codiagnóstico se lleva a cabo empleando la técnica de grupo focal. Las preguntas orientadoras recolectan información en 3 aspectos básicos de la formación pedagógica del instructor, como se puede observar en la Figura 3. La unidad de análisis son las líneas de texto con las impresiones del grupo.



**Figura 3.** Aspectos observados en los instrumentos empleados en el diagnóstico: Pedagógico, Metodológico, Personal y Social, Institucional. **Fuente:** elaboración propia.

### Triangulación

Recolectada la información (del auto, hetero y codiagnóstico), se procede a tabular y analizar acorde

con la unidad de análisis y variables trabajadas la información recolectada y se procede a la triangulación con el fin de determinar las fortalezas y necesidades de formación expresadas en dimensiones, supracategorías y categorías. En la Tabla 1 se muestran las relaciones entre estas últimas.

Se construye así un informe de resultados para cada centro de formación y regional; encontrándose que las fortalezas y necesidades evidenciadas no siempre son las mismas; razón por la que se hace necesario que cada equipo pedagógico, con el apoyo permanente de la Escuela, construya su propio plan de capacitación con miras a la cualificación pedagógica de los instructores en consonancia con las necesidades de formación evidenciadas.

### Segunda Fase: la formación

Determinadas las necesidades de formación y con el apoyo permanente del Equipo de Acompañamiento<sup>2</sup> de la ENI, los EPC determinan los planes de capacitación de los instructores y establecen los requerimientos para que dichas capacitaciones se puedan dar. La Escuela provee un plan de capacitación nacional a partir de las necesidades de formación en común de los centros de formación del país.

Es importante entonces, que cada ruta de formación (centro-regional) se encuentre en consonancia con la ruta de formación nacional.

### Tercera Fase: el acompañamiento

Cumplida la formación de los instructores, se establece un cronograma de visitas concertadas entre los acompañantes pedagógicos y los instructores. El

2 Se ha conformado un equipo de 17 instructores, denominado Equipo Nacional de Acompañamiento, dependiente de la ENI. Este equipo se encarga de formar a los acompañantes pedagógicos de cada centro de formación y regional, y de establecer los lineamientos de trabajo del mismo.



**Tabla 1.** Distribución de categorías por dimensiones y supracategorías, enmarcadas en las competencias pedagógicas del instructor SENA y empleadas durante el diagnóstico para la determinación de necesidades de formación.  
**Fuente:** elaboración propia.

| Aspecto                                     | Supracategoría                                                    | Categoría a partir de los ítem       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Dimensión pedagógica</b>                 | Creatividad e innovación en los procesos de enseñanza aprendizaje | Estrategias pedagógicas              |
|                                             |                                                                   | Estrategias didácticas               |
|                                             |                                                                   | Ayudas didácticas                    |
|                                             |                                                                   | Didáctica                            |
|                                             |                                                                   | Recursos didácticos                  |
|                                             |                                                                   | Diálogos pedagógicos                 |
|                                             | Resignificación de las prácticas pedagógicas                      | Investigación pedagógica             |
|                                             |                                                                   | Investigación aplicada               |
|                                             |                                                                   | Sistematización de experiencias      |
|                                             | Procesos de evaluación orientados a la mejora                     | Seguimiento (evidencias)             |
|                                             |                                                                   | Evaluación                           |
|                                             |                                                                   | Seguimiento                          |
|                                             |                                                                   | Mejoramiento                         |
|                                             | Cualificación                                                     | Formación pedagógica                 |
|                                             |                                                                   | Actualización pedagógica             |
|                                             | Desarrollo sesión formativa                                       | Plan de sesión                       |
|                                             |                                                                   | Motivación                           |
|                                             |                                                                   | Planeación                           |
|                                             |                                                                   | Actividades de aprendizaje           |
|                                             |                                                                   | Planeación                           |
|                                             |                                                                   | Guías de aprendizaje                 |
|                                             |                                                                   | Motivación                           |
|                                             | Formación basada en proyectos                                     | Desarrollo del pensamiento           |
|                                             |                                                                   | Resolución de problemas              |
|                                             |                                                                   | Proyecto formativo                   |
|                                             |                                                                   | Interdisciplinariedad                |
|                                             |                                                                   | Fuentes de información               |
|                                             |                                                                   | Formación por proyectos              |
|                                             |                                                                   | Desarrollo de proyectos              |
| <b>Competencias básicas y transversales</b> | Mediación tecnológica                                             | TIC                                  |
|                                             | Prevención y protección de la salud y la seguridad en el trabajo  | Salud y seguridad en el trabajo      |
|                                             |                                                                   | Seguridad en el trabajo              |
|                                             |                                                                   | Tono de voz diálogo                  |
|                                             | Manejo de segundo idioma                                          | Bilingüismo                          |
|                                             | Dimensión ambiental                                               | Responsabilidad ambiental            |
|                                             | Interacción en los ambientes de formación                         | Comunicación interactiva             |
|                                             |                                                                   | Comunicación asertiva                |
|                                             |                                                                   | Expresión corporal                   |
|                                             |                                                                   | Comunicación                         |
|                                             |                                                                   | Relaciones interpersonales           |
|                                             | Compromisos de valores y vida                                     | Sentido de pertenencia               |
|                                             |                                                                   | Formación ciudadana                  |
|                                             | Desarrollo de habilidades matemáticas y/o científicas             | Matemáticas y/o ciencias en contexto |

Continúa en la siguiente página.

Continuación Tabla 1.

| Aspecto           | Supracategoría                                | Categoría a partir de los ítem        |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Gestión educativa | Manejo de plataformas académicas              | Recursos tecnológicos                 |
|                   |                                               | Recursos tecnológicos institucionales |
|                   | Direccionamiento institucional                | Modelo pedagógico                     |
|                   |                                               | Cumplimiento y puntualidad            |
|                   |                                               | Aplicación de reglamento              |
|                   |                                               | Cumplimiento y puntualidad            |
|                   |                                               | Equipo pedagógico                     |
|                   |                                               | Ambiente pedagógico                   |
|                   |                                               | Lineamientos institucionales          |
|                   |                                               | Escenarios de prospectiva             |
|                   |                                               | Representaciones SENA                 |
|                   |                                               | Opciones de mejora                    |
|                   | Interacción con aprendices                    | Diálogo y concertación                |
|                   |                                               | Atención a aprendices                 |
|                   |                                               | Liderazgo                             |
|                   | Formación profesional orientada al instructor | Conocimiento disciplinar              |
|                   |                                               | Auto realización profesional          |

objetivo de estas es generar un diálogo pedagógico entre acompañado y acompañante. La realización de las visitas tiene por objeto compartir de manera ética, responsable y respetuosa las diferentes posibilidades que se dan en el diálogo de saberes con el fin de crear el espacio apropiado de crecimiento profesional mutuo. Cada visita genera compromisos de parte y parte, dado que al finalizar la observación, el acompañante retroalimenta al instructor.

## Conclusiones

Institucionalizado el Programa de acompañamiento pedagógico para la cualificación de instructores SENA, se concluye que:

- El acompañamiento pedagógico se establece como una herramienta apropiada para el mejoramiento de la calidad de la formación impartida por los instructores. Se ha visto que cuando el instructor se "siente acompañado", se siente más seguro en cuanto a su formación se refiere. Es importante tener en cuenta que

el acompañamiento no puede verse como una evaluación (de desempeño, por ejemplo), dado que esto conlleva cierta resistencia por parte de los instructores y no lo ven como acción de mejora.

- Aunque se habla de fortalezas, hemos visto que no es conveniente hablar de debilidad. Por el contrario, una necesidad de formación u oportunidad de mejora estimula al instructor a buscar las herramientas necesarias que le permitan fortalecer su quehacer pedagógico permanente.
- Si bien, los planes de capacitación se establecen a partir de las necesidades de formación evidenciadas en el diagnóstico, es menester no descuidar las fortalezas también evidenciadas. Esto es, centrar la atención solo en las necesidades, puede llevar a que una fortaleza se convierta en necesidad. De aquí, que las fortalezas deban potenciarse.
- No todas las necesidades de formación evidenciadas deben ser trabajadas a manera de "curso".

Hemos visto que otras formas como jornadas de sensibilización, jornadas pedagógicas o eventos de divulgación tecnológica entre otros, pueden ayudar a que superen dichas necesidades. Es importante que los equipos pedagógicos establezcan y regulen estas posibilidades.

- e. La formación de los acompañantes pedagógicos es crucial para el éxito del programa. Es importante realizar entrenamiento en observación pedagógica, registro de la información, desarrollo de grupos focales, desarrollo de entrevistas entre otros. Aun así, el acompañante pedagógico debe comprender que su papel es el de apoyo al instructor y establecer una relación horizontal entre acompañante e instructor.

## Referencias

- Galo de Lara, C. (1990). "Desafío de la educación actual: un currículo por procesos". *Revista de Educación*, 10(1), pp. 23-35.
- Riveros, E. (2011). *El acompañamiento y la Educación popular*. Recuperado de: [http://www.feyalegria.org/images/acrobat/ElAcompañamientoEducacionPopular\\_ElizabethRiveros\\_2011.pdf](http://www.feyalegria.org/images/acrobat/ElAcompañamientoEducacionPopular_ElizabethRiveros_2011.pdf)
- SENA. (2016). "Glosario". Recuperado de: <http://www.sena.edu.co/es-co/ciudadano/Paginas/glosario.aspx>
- Vezub, L., & Alliaud, A. (2013). *El acompañamiento pedagógico como estrategia de apoyo y desarrollo profesional de los docentes noveles*. Recuperado de: [file:///C:/Users/Soport/Downloads/acompamamiento\\_pedagogico.pdf](file:///C:/Users/Soport/Downloads/acompamamiento_pedagogico.pdf)





## Métodos de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera

---

*Methods of Reducing Pollutant  
Emissions to the Atmosphere*

**LAURA MARCELA CARDOZO S.**

**Ingeniera Geóloga  
Investigadora SENNOVA  
Grupo de investigación GICEMIN  
Centro Minero, Regional Boyacá  
lcardozos@sena.edu.co**

**LUIS ALFREDO LOZANO R.**

**Ingeniero Metalúrgico  
Instructor Centro Minero, Regional Boyacá  
Investigador SENNOVA  
Grupo de investigación GICEMIN  
Centro Minero, Regional Boyacá  
llozanor@sena.edu.co**

**LUIS ALBERTO CURTIDOR G.**

**Ingeniero Metalúrgico  
Instructor Centro Minero  
Regional Boyacá y Antioquia  
Investigador SENNOVA  
Grupo de investigación GICEMIN  
Centro Minero, Regional Boyacá  
lcurtidor@sena.edu.co**

**Fecha de recepción:** 4 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 12 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 22 de agosto de 2017







# Métodos de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera

## *Resumen*

La contaminación atmosférica es una mezcla de partículas sólidas y gaseosas presentes en el aire que afectan la composición de la atmósfera. Controlar esta contaminación generada por fuentes fijas o móviles y sus efectos, pueden inducir un resultado en la salud de los seres vivos. Esto ha llevado a que las autoridades competentes tomen medidas estrictas en cuanto a la normatividad que se encargan hoy por hoy de controlar emisiones contaminantes y que no provoquen el deterioro significativo de la calidad de vida de la población.

El interés del texto es dar a conocer información ya existente en cuanto a la contaminación atmosférica, sus efectos y consecuencias que provocan e inciden, algunos métodos tecnológicos de reducción de emisiones atmosféricas. El documento se realizó sobre base de revisión de información secundaria.

*Palabras clave:* contaminación, material particulado, gases, reducción.

## *Abstract*

The atmospheric pollution is a mixture of solid and gaseous particles Present in the air which affect the composition of

the atmosphere. as chronic diseases, and will also have an effect on the deterioration The environment. This has led to the competent authorities taking strict measures regarding the regulations that are in charge today to control emissions and do not cause the significant deterioration of the quality of life of the population.

The interest of the text to inform existing information on air pollution, its effects and consequences that cause and some technological methods of reducing atmospheric emissions. The document was made on the basis of secondary information review.

*Keywords:* Pollution, Particulate Matter, Gases, Reduction.

## **Introducción**

La quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), es una de las principales causas de contaminación en la atmósfera. En los sectores industriales se producen estas quemaduras de materias primas y también en el transporte de carreteras crean una enorme cantidad de sustancias químicas que se liberan diariamente.

El interés de este artículo es dar un reporte de la problemática planteada, desde la historia, cuáles son los agentes contaminantes más peligrosos para los seres vivos, hasta la metodología que se ha hecho para la reducción de gases emitidos por empresas de la industria (AFP, 2016).

## Historia

En 1760 y 1800, surge la Revolución Industrial en Inglaterra y con ella la contaminación industrial con diseños de procesos de producción de elementos industriales los cuales no son amables con la naturaleza. Al cabo de los años, la contaminación industrial se convirtió en un asunto incontrolable debido al incremento de fábricas industriales. La causa principal de la contaminación industrial es la quema a gran escala de combustibles fósiles, más el agua residual contaminada que a la vez afecta la tierra, los ríos y las lagunas (Liñan, 2015).

La contaminación se convirtió en un asunto de gran importancia tras la Segunda Guerra Mundial, posterior a que fueran evidentes las consecuencias, cuando se manifiesta la lluvia radioactiva ocasionada por las guerras y ensayos nucleares. En 1952, Londres presenció la peor catástrofe de impacto ambiental de la historia llamada la "Gran Niebla", la cual fue causada por el crecimiento incontrolable de combustión de las chimeneas de carbón; entre viviendas y fábricas, se estima que afectó la vida de alrededor de 12.000 personas y dejó 100.000 enfermos (Lucero, 2014). Este trágico evento motivó la creación de una de las más importantes leyes modernas en 1956 sobre el medio ambiente, la ley de aire limpio.

En 1972 en Estocolmo, la Primera Conferencia sobre el Ambiente Humano de la Organización de Naciones Unidas, creó la legislación para la limitación de emisiones contaminantes, así como la propuesta de nuevas tecnologías y políticas como solución a la problemática, la asamblea general de dicha conferencia, designó el 5 de junio como el Día Mundial del Medio Ambiente.

## Influencia de la contaminación en la salud

La contaminación del aire es uno de los factores más relevantes para la salud. Los contaminantes del aire presentes en las grandes ciudades han demostrado ser un riesgo mayor para sufrir por enfermedades cardiovasculares, respiratorias, cáncer en el pulmón e infecciones respiratorias agudas en los niños ha sido asociado con la presencia de niveles de contaminantes que excede las normas de calidad del aire exterior (POPE I., 1995). Se estima un 94% de mortandad a causa de enfermedades no permisibles, según la ONU (AFP, 2016).

La acumulación del NO<sub>2</sub> en el cuerpo humano, constituye un riesgo para las vías respiratorias ya que se ha comprobado que inicia, reactiva y puede alterar la capacidad de respuesta de las células polimorfonucleares, macrógrafos alveolares y los linfocitos, siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica (Ponciano & Rivero, 1996).

## Marco teórico

### Emisiones en la atmósfera

En la Tabla 1 se describen algunos gases contaminantes con sus diferentes características.

### Tecnologías de control para partículas

#### *Filtros de mangas*

Este método es aplicado en la separación sólido-gas, para la eliminación de partículas sólidas de una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido. Este tipo de colector de polvo se utiliza cuando se requiere una alta eficiencia de filtración, para eliminar las partículas cuyo tamaño oscila entre



**Tabla 1.** Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.**Fuente:** (Ballester, 2005). (Ballester Díaz, 2003).

| CARACTERÍSTICAS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS Y SUS FUENTES   |                       |                           |                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Contaminante                                              | Formación             | Estado físico             | Fuentes                                                                         |
| Partículas en suspensión<br>PM <sub>10</sub> Humos negros | Primaria y secundaria | Sólido, líquido           | Vehículos, procesos industriales, humo de tabaco                                |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )                      | Primaria              | Gas                       | Procesos industriales, vehículos                                                |
| Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )                   | Primaria y secundaria | Gas                       | Vehículos, estufas y cocinas de gas                                             |
| Monóxido de Carbono (CO)                                  | Primaria              | Gas                       | Vehículos, combustibles en interiores, humo de tabaco                           |
| Compuestos orgánicos volátiles (COV <sub>s</sub> )        | Primaria y secundaria | Gas                       | Vehículos, industria, humo de tabaco, combustiones en interiores                |
| Plomo (Pb)                                                | Primaria              | Sólido (partículas finas) | Vehículos, industria                                                            |
| Ozono (O <sub>3</sub> )                                   | Secundaria            | Gas                       | Vehículos (secundarios a foto-oxidación de NO <sub>x</sub> y COV <sub>s</sub> ) |

submicrónico, a varios cientos de micras de diámetro con una eficiencia de 99,9% (Saenz, 2007-2008) para partículas mayores a 0,5 µm y resiste una temperatura que oscila hasta 300 °C. Generalmente las mangas están dispuestas de manera vertical, el aire/gas cargado de sólidos es forzado a entrar por el textil, sobre él se forma una capa de polvo que separa las partículas sólidas del aire/gas (ICT FILTRACIÓN, s.f.).

### *Separadores con ayuda mecánica*

Estos separadores hacen parte del grupo llamado prelimpiadores de controles de la contaminación del aire, dicho grupo se encarga de reducir la carga de Materia Particulada (MP). A estos separadores también se les conoce como separadores mecánicos centrífugos, colectores centrífugos, separadores dinámicos secos, *rotoclones* y *precipitadores dinámicos*.

Su funcionamiento de separación se basa en la inercia. Se le aplica una aceleración mecánica al gas

para que la separación de las partículas por inercia aumente. Un diseño común es un ventilador de aspas radiales, que imparte mecánicamente una fuerza centrífuga a las partículas de la corriente del gas, en el cual genera la separación (Corbit, 1999).

La eficacia es similar a la de un ciclón con alta caída de presión. Para el control de partículas de diámetro aerodinámico menor o igual a 10 µm (PM<sub>10</sub>) se pueden lograr eficacias de control cercanas al 30% (Perry & Green, 1984).

### *Cámara de sedimentación*

Estos equipos son cámaras en forma de paralelepípedo o cilíndricas de grandes dimensiones en las que la velocidad de la corriente gaseosa se reduce para que las partículas que están en suspensión tengan un tiempo suficiente para depositarse en el fondo de la cámara en forma de tolva, desde donde son extraídas al exterior a través de un sistema estanco

como puede ser una válvula rotativa o de la doble compuerta. Este emplea la fuerza de gravedad para remover partículas sólidas (Saenz, 2007-2008).

El flujo de gas ingresa a una cámara donde disminuye la velocidad del gas y al bajar la velocidad no produce abrasión. Esta velocidad se denomina velocidad de caída libre o terminal. Las partículas más grandes caen del flujo de gas en una tolva. Debido a que las cámaras de sedimentación son efectivas solo para remoción de partículas más grandes, usualmente se usan junto con dispositivos más eficientes, de control. Su eficiencia se limita a partículas con diámetros superiores a 50  $\mu\text{m}$ , aproximadamente, si la densidad del material es razonablemente alta, a partículas de diámetro superior a 10  $\mu\text{m}$  y su eficiencia varía normalmente al 10% (Escala, Ríos, & Trillo, 2016).

### Ciclones

Los ciclones, método efectivo para la captura de material particulado (MP) principalmente de diámetro aerodinámico mayor a 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) (Saenz, 2007-2008), sin embargo existen ciclones de alta eficiencia, diseñados para ser efectivos con MP de diámetro aerodinámico menor o igual a 10  $\mu\text{m}$  o 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$  y  $\text{MP}_{2.5}$ ). Los ciclones pueden ser diseñados para altas temperaturas que ascienden a los 1.000 °F (540 °C) (EPA, 1998) y presiones de operación.

El funcionamiento del ciclón consiste en que el gas ingresa en la cámara superior y baja en espirales, son forzados a seguir un movimiento circular que ejerce una fuerza centrífuga sobre las partículas y las dirige a las paredes internas del ciclón (EPA, 1998). En el fondo del ciclón se invierte la dirección del gas y sube a través del tubo central en espirales y migrando el gas por la tapa del ciclón. Estas son recolectadas en una tolva ya que las paredes del ciclón son delgadas en la parte inferior del dispositivo. La eficiencia aumenta en la medida que aumenta el flujo de aire de ciclón, es decir, con más flujo del ciclón es

más eficiente o por lo contrario la eficiencia del ciclón disminuye al tener poco flujo de aire.

En la parte del diseño se fundamenta en familias de ciclones (ver Tabla 2) que se definen por la eficiencia de reducción de material particulado MP (Echeverri Londoño, 2006).

**Tabla 2.** Intervalo de eficiencia de remoción para las diferentes familias de ciclones. **Fuente:** (Echeverri Londoño, 2006).

| FAMILIA DE CICLONES | EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%) |         |         |
|---------------------|----------------------------|---------|---------|
|                     | PST                        | PM10    | PM2.5   |
| Convencionales      | 70 - 90                    | 30 - 90 | 0 - 40  |
| Alta eficiencia     | 80 - 99                    | 60 - 95 | 20 - 70 |
| Alta capacidad      | 80 - 99                    | 10 - 40 | 0 - 10  |

### Precipitador electrostático

Los precipitadores electrostáticos son equipos que presentan una elevada eficiencia de captación para todo espectro de tamaño de partículas de material particulado (EPA, 1999). Sin embargo, presentan una gran sensibilidad a variables eléctricas, como son el voltaje y la frecuencia de suministro de electricidad. Este método captura partículas sólidas en un flujo de gas por medio de electricidad. Se carga de electricidad a las partículas para luego atraerlas a placas metálicas con cargas opuestas ubicadas en el precipitador (ICT FILTRACIÓN, s.f.).

Se hacen pasar los gases por una cámara de acero dispuesta verticalmente, paralela al flujo de los gases, creando dentro una serie de pasillos. En cada pasillo poseen los electrodos de descarga de emisiones en forma de alambre paralelamente situados a la estructura.

Estos precipitadores son empleados para el control de partículas de diámetros superiores a 2.5  $\mu\text{m}$ . Su eficiencia está en un rango de 90 a 99% (EPA,

1999). Este factor se ve afectado por el tamaño del precipitador, su dimensión y duración del proceso, si la partícula permanece más tiempo en el precipitador hay más probabilidad de ser atrapada.

## Tecnologías de control de gases y vapores

### *Convertidor catalítico*

Un catalizador se puede definir como una sustancia que acelera la velocidad de una transformación y/o una reacción química. La catálisis es el equilibrio logrado en presencia de un catalizador.

Un convertidor catalítico es un dispositivo que forma parte del sistema de control de emisiones, este método es utilizado en los automóviles como reductores de elementos nocivos de los gases de escape, en los procesos industriales son aplicados los procesos químicos que se utilicen catalizadores de manera que se aumente la velocidad de las reacciones necesarias y se logran mayores velocidades en el proceso industrial.

Un convertidor catalítico, hace referencia a un reactor metálico y que en su interior contiene el catalizador en el cual dicho reactor está instalado en el tubo de escape transformando las emisiones nocivas en otras inofensivas para la salud. En cuanto al diseño, existen dos tipos principales de estructuras, alveolar y de cuentas cerámicas. Los catalizadores más empleados en este método son metales preciosos como son platino, paladio y rodio.

En centrales térmicas y en plantas de producción de ácido nítrico para la eliminación de  $\text{NO}_x$ , está el proceso de la reducción catalítica selectiva (RCS) (Rodríguez, 2008), y se hace en presencia de un catalizador heterogéneo con agentes reductores ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{COH}_4$  y  $\text{NH}_3$ ). El sistema trabaja inyectando vapor de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en los gases de combustión, los cuales después pasan por un material catalizador. La reacción química resultante reduce los  $\text{NO}_x$  en agua, nitrógeno y sustancias inofensivas. Este método es el

de mayor desarrollo industrial para la eliminación de  $\text{NO}_x$  en fuentes fijas (90% por la industria química), también se aplica en la incineración de residuos.

- Catalizador de reducción (primera etapa).
- Catalizador de oxidación (segunda etapa).

### *Lavadores de gases*

Estos lavadores de gases son empleados en la industria para la eliminación de polvos, nieblas, vapores y para la reducción de gases tóxicos.

Las moléculas contaminantes de aire son separadas del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido lavador, puede ser agua, una solución alcalina o una solución alcalina con hipoclorito, esto en función al contaminante que se desea eliminar. Generalmente, los contaminantes presentes en los gases son susceptibles a ser oxidados o absorbidos en un medio ácido o en uno alcalino, así, las especies derivadas del nitrógeno pueden ser absorbidas en un medio ácido, mientras que las especies derivadas del azufre son sensibles a la absorción en un medio alcalino u oxidante. En algunos casos, los contaminantes son muy solubles en agua, por lo que no se precisa ningún reactivo químico.

Tipos de lavadores:

### **Lavadores de gases tipo "Venturi"**

Los lavadores "Venturi" se utilizan para limpiar gases de combustión procedentes de la incineración de residuos y procesos en los cuales se tratan o reciclan suspensiones de alto contenido de sólidos. *Lavadores para gases calientes de combustión.* Mediante inyección, los gases contaminantes se enfrían, por medio de unas tuberías del fluido de refrigeración, ya frío, los elementos nocivos que se encuentran en el gas son absorbidos por el disolvente alcalino que es utilizado como fluido de lavado arrastrando cenizas de mayor tamaño. Por un separador centrífugo se aísla el gas y la fase líquida que está ubicado en la parte

inferior del lavador. Luego circula contra la corriente por una columna de relleno y finaliza con un separador de gotas que evita el posible arrastre de gotas de fluido de lavado con el efluente gaseoso limpio.

### **Lavadores tipo "Jet"**

Los lavadores tipo "Jet" están diseñados para lavado de gases de escape generados en procesos químicos. Es diseñado para mezclas de gases explosivos. Con este tipo de lavador el tratamiento de limpieza de gases se desarrolla bajo vía húmeda, no provocan pérdidas de carga como en otro tipo de lavadores por el contrario utilizan el principio de eyección para succionar el fluido de aspiración no siendo necesario, en muchas, ocasiones la utilización de equipos mecánicos como ventiladores para el transporte de gases hasta el lavador.

Este tipo de lavador es capaz de procesar caudales de gases contaminados desde 0.05 m<sup>3</sup>/h hasta 100.000 m<sup>3</sup>/h aproximadamente.

### **Filtros HEPA - Filtros ULPA**

Filtros HEPA (High Efficiency Particle Air) Filtros de Aire de Alta Eficiencia para Partículas. Filtros ULPA (Ultra Low Penetration Air) Filtros de Aire de Ultra Baja Penetración, estos son filtros de aire diseñados para atrapar una gran mayoría de contaminantes de partículas muy pequeñas de una corriente de aire.

Los filtros de aire están diseñados para detener el paso de contaminantes muy pequeños que en circunstancias normales pasarían por entre las fibras de filtro. Los filtros HEPA y ULPA son similares, pero tienen varias diferencias que se explican a continuación: la primera diferencia está en términos de eficiencia y en definición, los filtros HEPA tienen la capacidad de eliminar partículas de 0,3 µm de diámetro y la eficiencia es de 99,97%, (Heumann, 1997) en los filtros HEPA cuando están en funcionamiento la caída de presión es mínima y flujo de aire máximo. En los filtros ULPA la eficiencia es aún más alta del 99.9995% eliminando contaminantes de 0,12 µm de diámetro de partículas (Heumann, 1997).

### ***Torres de aspersión***

La torre de aspersión hace parte de un grupo de controles de contaminación del aire que se refiere colectivamente como depuradores húmedos constituidos por recipientes vacíos en forma rectangular o cilíndrica. La corriente de aire está cargada de material particulado donde ingresa a la cámara y hace contacto con el vapor de agua generado por las boquillas de aspersión. Estas torres se pueden disponer en la trayectoria horizontal o vertical del flujo del gas; en cuanto a la dirección de la aspersión del líquido, puede ir en contra o en la dirección de la corriente del gas.

Su eficacia de control de partículas suspendidas es del 70 al 99%, dependiendo de la aplicación, para el control del SO<sub>2</sub> tiene la capacidad de 80 al 99% de remoción.

### ***Torres de platos***

Una torre de platos es una cámara vertical con placas o platos horizontales dentro de un caparazón hueco. Los platos están hechos de hojas metálicas o de aleaciones. La corriente de gas con los contaminantes fluye hacia arriba y el líquido lavador hacia abajo. En los platos se origina el contacto entre el líquido lavador y el gas en donde contiene aperturas por donde el gas traspasa, con este contacto las partículas para controlarlas las empuja a su caída, en la parte del fondo de la torre las partículas y los líquidos recuperados fluyen hacia el exterior. Cuando se quiere controlar SO<sub>2</sub>, este reacciona con el absorbente líquido, formando una mezcla en húmedo de sulfito y sulfato de calcio precipitados. Este método se usa para la recuperación de partículas, de diámetro mayor a 2,5 µm la eficacia varía entre 50 al 99% dependiendo de cómo se aplique.

### ***Torres empacadas***

Las torres empacadas son dispositivos usados frecuentemente en la absorción de gases, se fundamentan la transferencia de una solución de la fase



gaseosa a la fase líquida, este método consiste en una cámara que contiene capas de material de empaque (relleno) vertical, proporcionan un contacto constante entre líquido y el gas ya sea en dirección a la corriente o en dirección opuesta a esta. El líquido se distribuye sobre estos y escurre hacia abajo, a través del lecho empacado, de tal forma que expone una gran superficie al contacto del gas (Sussan, s.f.).

Estos empaques y otros rellenos comunes se pueden obtener comercialmente en tamaños de 3 mm hasta unos 75 mm. La mayoría de los empaques para torres están contruidos con materiales inertes y económicos tales como arcilla, porcelana o grafito. La característica de un buen empaque es la de tener una gran proporción de espacios vacíos entre el orden del 60 y el 90%. El relleno permite que volúmenes relativamente grandes del líquido pasen a contracorriente con respecto al gas que fluye a través de las aberturas, con caídas de presión del gas relativamente bajas.

El agua es el disolvente más común utilizado para eliminar contaminantes inorgánicos, para el control de gases ácidos como el HCl, SO<sub>2</sub> se utiliza solución cáustica. La eficiencia para control de contaminantes inorgánicos varía en un rango en porcentaje de 95-99% (Sussan, s.f.).

### *Incineradores térmicos*

Este es uno de los métodos mejor conocidos de disposición de gas residual industrial, con este sistema de absorción los gases residuales no se recolectan sino que son convertidos, permitiendo la recuperación de compuestos orgánicos. Para la oxidación de materiales combustibles se lleva a cabo un procedimiento de incineración o combustión térmica, donde la temperatura está por encima de su punto de auto-ignición en presencia del oxígeno dejando la temperatura constante un tiempo suficiente para completar su combustión de agua y dióxido de carbono.

Un incinerador térmico se usa para el control de compuestos volátiles (COV), y aparte de eso destruye partículas de hollín, emitidas por la combustión

incompleta de hidrocarburos, coque o residuos de carbón.

***Un incinerador térmico está compuesto por una cámara de combustión, sin incluir ningún tipo de recuperación de calor de aire de escape.***

***La eficacia está en promedio entre 98 y 99% dependiendo de los requisitos del sistema y de las características de la corriente contaminada (EPA, 2002).***

***La eficiencia de este método varía de un 15 a 77% para el control de la combustión, este método depende del factor utilizado o la combinación de estos (EPA, 2002).***

### *Tratamiento por haces electrónicos*

Este método está basado en la irradiación de los gases generados por la combustión de carbón e hidrocarburos (presencia de amoníaco) por medio de haces electrónicos. Este método se conoce como "proceso Ebara" en honor a su creador Ebara Manufacturing Corporation del Japón (Markovic, 1987).

Su tecnología es íntegra, es muy cómoda la instalación, operación y control, cabe aclarar que este método ni en su funcionamiento ni cuando se activa, no origina ninguna clase de radioactividad, se lleva a cabo por vía seca, semi-seca o a base de cal. La gama de energía de 300 a 800 Kilovatios (kV) para la eliminación de gases contaminantes generados por la combustión. Tiene una gran eficiencia que puede alcanzar el 100% en cuanto a SO<sub>2</sub> y del 85-90% (Markovic, 1987) para el NO<sub>2</sub>.

***Los anteriores métodos son los más utilizados mundialmente para la reducción de emisiones atmosféricas contaminantes, cabe aclarar que existen otros métodos para lograr tal objetivo, pero no presentan una adecuada eficiencia para tal fin.***

## Dato curioso: Árbol artificial "CityTree"

Green City solutions, es una empresa alemana cuya visión es crear condiciones de vida que permitan a todas las personas en todo el mundo respirar aire limpio y fresco de forma permanente. Una de las ideas nació a partir de dicha visión en el cual consistía en un árbol artificial llamado por sus creadores "city-tree" (BBC Mundo Ciencia, 2017) en el cual absorbe la contaminación. Este invento ya está implementado en varias ciudades del mundo en total 25 ciudades alemanas (ICT FILTRACIÓN, s.f.).

## Referencias

- AFP. (26 de Septiembre de 2016). *El Espectador*. Obtenido de: "92% de habitantes del planeta respira aire contaminado, OMS": <http://www.elespectador.com/noticias/salud/92-de-habitantes-del-planeta-respira-aire-contaminado-o-articulo-657170>
- Alonso, G., Ramírez, J., & Palacios, J. (2011). "Energía nuclear en México, como alternativa para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, pp. 271-273.
- Arias-Ortiz, P. R., & Rudolf Ruiz, P. (2017). Potential thyroid carcinogens in atmospheric emissions from industrial facilities in Manizales, a midsize Andean city in Colombia. *sciencedirect*, <http://www.scienc-direct.com/science/article/pii/S1309104216303488>
- Ballester, F. (2003). "La evaluación del impacto en salud de la contaminación atmosférica". *Revista de Salud Ambiental*, pp. 102-107.
- Ballester, F. (2005). "Contaminación atmosférica, cambio climático y salud". *Revista Española de salud pública*, pp. 159-175.
- BBC Mundo Ciencia. (2017). *El árbol creado por Alemania que absorbe la contaminación del aire en la ciudad como si fuese un pequeño bosque*. Obtenido de: "MUNDO": <http://www.bbc.com/mundo/noticias-40444199>
- Corbit. (1999). "Standar Handbook of Environmental Engineers". The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Dockery, D., & Pope, I. (1994). "Acute respiratory effects of particulate air pollution. Environmental Epidemiology Program". Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts. *Annu Rev Public Health*, p. 107.
- Echeverri, C. (2006). "Diseño óptimo de ciclones". *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, pp. 123-139.
- EPA. (1999). "Hoja de datos - Tecnología de control de contaminación del aire" (Depurador de Orificio)-EPA-452/F-03-049.
- EPA. (1998). *Hoja de Datos - Tecnología de Control de contaminantes del Aire. (Ciclones) EPA-CICA*.
- EPA. (1999). *Hoja de datos - Tecnología de control de contaminantes del aire (Precipitador electroestático húmedo)*.
- EPA. (2002). *Sección 3. Controles de COV EPA 452/B-02*.
- Escala, A., Ríos, A., & Trillo, L. (2016). *Cámaras de sedimentación*. Guayana, Venezuela : Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior. Universidad Nacional Experimental de Guayana UNEG.
- Grupo Ambiental Bolivia. (21 de Octubre de 2008). Obtenido de: "Contaminación Industrial": <http://contaminacionindustrialbolivia.blogspot.com/>
- Heumann, W. L. (1997). *Industrial Air Pollution Control Systems*. Washington: McGraw Hill, Inc.
- ICT FILTRACIÓN. (s.f.). *Tipos de Tecnologías y eficiencia de los filtros de mangas*. Barcelona: [http://www.ictfiltracion.com/es/ict/info/1\\_ICT-FILTRATION/](http://www.ictfiltracion.com/es/ict/info/1_ICT-FILTRATION/).
- Liñan, S. (30 de Junio de 2015). *El Financiero*. Obtenido de: "Contaminación industrial": <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/contaminacion-industrial.html>
- Lucero, J. (5 de Marzo de 2014). *Los Plantagen*. Obtenido de: "La mortal gran niebla de Londres 1952": <https://curiosidadesdelahistoriablog.com/2014/03/05/la-mortal-gran-niebla-de-londres-en-1952/>
- Manzano, F., & Carrillo, J. (2016). "Transformación de precipitador electroestático de la ONU un filtro de mangas pulso Jet ONU en centrales térmicas convencionales". *DYNA*, pp. 189-197.
- Markovic, V. (1987). "Tratamiento de los gases de combustión por haces electrónicos". *OIEA BOLETIN*.
- Martínez, E. (2004). "Convertidores catalíticos y sus aplicaciones". (Tesis pregrado). Universidad Veracruzana poza Rica de Hidalgo.

- Ministerio de Ambiente, Vivenda y Desarrollo Territorial (2010). Resolución 610.
- Oyarzún, G. (2010). "Contaminación aérea y sus efectos en la salud". *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, pp.16-25.
- Perry, R., & Green, D. (1984). "Perry's Chemical Engineers Handbook". Copyright 1984 Exclusive rights by McGraw-Hill Book Co - Singapore for manufacture and export. 2.
- POPE, I. (1995). "Health Effects of Particulate Air Pollution", pp. 472-480.
- POPE. (2000). "Epidemiology of fine particulate Air Pollution and Human Health: biologic Mechanisms and Who's at Risk".
- Rodríguez, A. (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución Número 610.
- Ponciano, R., & Rivero, S. (1996). "Factores Ambientales y Salud en el Ambiente Urbano". *Riesgos Ambientales para la salud en la ciudad de México, PUMA*, p. 443.
- Rodríguez, E. (2008). *Catalizadores para la protección del medio ambiente*. Universidad de Málaga.
- Romero, D. (2006). "La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud". *Cubana de Higiene y Epidemiología*.
- Rosario, K. (31 de Agosto de 2013). *Prezi*. Obtenido de: "Lavadores de gases": <https://prezi.com/m-yyq6y-1qorn/lavadores-de-gases/>
- Saenz, C. (2007-2008). "Protección Atmosférica". *EOI*, pp. 26 -27.
- Sussan, C. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de: "Torres empacadas": <https://es.scribd.com/doc/58659548/TORRES-EMPACADAS>





## Producto turístico sustentable para la Provincia del Alto Magdalena

---

*Tourist Product Sustainable for the  
Province of Alto Magdalena*

**GILBERTO ORLANDO ARIAS M.**

**Administrador de Empresas  
Mg. en Educación  
Grupo de Investigación Tecnología  
y Productividad, SENA - Girardot  
goarias@misena.edu.co**

**JULIETH HENAO B.**

**Administradora Turística y Hotelera  
Grupo de Investigación Tecnología  
y Productividad, SENA - Girardot  
jhenao883@misena.edu.co**

**Fecha de recepción:** 7 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 23 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 28 de agosto de 2017







# Producto turístico sustentable para la Provincia del Alto Magdalena

## *Resumen*

En el presente trabajo se responde a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el producto turístico sustentable que contribuye al desarrollo de la Provincia del Alto Magdalena?, lo cual ayuda a orientar los lineamientos para la gestión de proyectos de productos turísticos y decisiones del sector a nivel público y privado en el territorio; se presentan algunos parámetros importantes referenciados desde dos metodologías aplicadas al diseño de producto turístico para la Provincia del Alto Magdalena, lo anterior forma parte del trabajo investigativo general en curso realizado por el SENA para las dos provincias de Cundinamarca: Tequendama y Alto Magdalena, las cuales reúnen 18 municipios.

Se han considerado técnicas de investigación cuantitativa e implementado herramientas para el desarrollo de estudios de caracterización y satisfacción del turista, evaluación y calificación del atractivo turístico, entrevistas con participación de los actores que intervienen en esta actividad de la Provincia. Esta investigación se plantea desde una triple perspectiva: la primera, desde la planificación participativa que involucra la población local como protagonista de la gestión en asuntos turísticos; la segunda desde la gestión turística de las comunidades organizadas para proponer y gestionar proyectos empresariales turísticos en el territorio; en la tercera se propone una conservación integral en el territorio,

abordando factores ambientales, sociales, culturales y económicos que comprometa a todos los actores y sectores involucrados, incluyendo al turista.

Como resultado final se propone la creación de productos turísticos a partir de dos rutas regionales, histórica-cultural y natural, pertenecientes a la Provincia del Alto Magdalena que se deben gestionar de manera articulada para alcanzar un desarrollo con alto impacto en el territorio. Como conclusión general se proyecta que la gestión de lineamientos adecuados de participación, planificación y gestión permite para avanzar en el desarrollo sustentable del turismo en la Provincia del Alto Magdalena, teniendo como actores fundamentales la población local.

*Palabras clave:* producto turístico, sustentabilidad, planificación participativa, gestión turística.

## *Abstract*

On this research, we asked the following question is: Which is the sustainable tourism product that may contribute to the development of the Province of Alto Magdalena? This helps to provide guidelines for the management of touristic products, projects and decisions from the public and



private sector in the territory. We present some important parameters referenced from two methodologies applied to the design of tourism products for the Province of Alto Magdalena. This is part of a general research carried out by SENA in two provinces of Cundinamarca: Tequendama and Alto Magdalena, which gather 18 municipalities.

Quantitative research techniques and tools for the development of tourist characterization and satisfaction studies, such as evaluation and qualification of tourist attractions, interviews involving all the actors in this economic activity at the Province, have been considered. This research is proposed from a triple perspective: the first, from the participatory planning which involves the local population as the protagonist of the tourism management. The second, from the tourism management of the organized communities to propose and manage tourism business projects in the territory. In the third one, an integral conservation in the territory is proposed, addressing environmental, social, cultural and economic factors that compromise all the actors and sectors involved, including the tourists themselves.

The final result is the creation of tourism products from two regional, historical-cultural and natural routes, belonging to the Province of Alto Magdalena that must be managed in an articulated manner in order to achieve high impact development in the territory. As a general conclusion, it is projected that the management of adequate guidelines for participation, planning and management will allow the advancement of sustainable development of tourism in the Province of Alto Magdalena, with local population as key players.

*Keywords:* Tourism Product, Sustainability, Participatory Planning, Tourism Management.

## Introducción

El turismo, debido al efecto de encadenamiento que produce su gestión, incluye dos tipos de valores agregados: los directos, reconocidos como las aerolíneas,

hoteles, alquiler de vehículos; y los valores agregados indirectos como compañías de combustibles, catering, lavandería, contabilidad, consolidados estos agregados representan a nivel mundial el 9% del PIB, según la Organización Mundial de Turismo (OMT, 2014), a nivel económico en la región de América Latina se tiene al turismo con peso en el Producto Interno Bruto del 6,2%, para Colombia representa el 6,1% de su PIB, esta última con un comportamiento especial de crecimiento frente a la mayoría de países de la región, lo cual puede reflejar el gran potencial de desarrollo que presenta este sector, con la posibilidad de generar impactos positivos de bienestar por la alta demanda de empleo directo e indirecto que produce.

En el estudio elaborado por el Ministerio de Industria y Turismo (MIT, 2011), se identificaron 12 retos en la arquitectura del sector turístico nacional, algunos de estos están alineados a lo largo de la cadena de valor como la ausencia de coordinación nacional que vincule a los agentes relevantes con visión de largo plazo y que facilite acciones comunes, articular la participación de actores importantes del sector, facilitar la resolución de “cuellos de botella” provocados por regulaciones instituciones, movilizar a la sociedad hacia el apoyo del sector turístico por su importancia en el empleo, el desarrollo social y económico. De esta manera, la anterior falta de planeación, coordinación y trabajo conjunto en los proyectos turísticos con que adolece el sector en el ámbito nacional, parece evidenciarse de igual manera como un comportamiento reticular en la Provincia del Alto Magdalena.

En el actual proceso de actualización del plan de desarrollo turístico de Cundinamarca 2017, trabajado conjuntamente por el Departamento de Cultura y Turismo de Cundinamarca (IDECUT), la Gobernación de Cundinamarca y la Fundación para el Desarrollo Sostenible de la Cultura, el Patrimonio y el Turismo (FUNDACULTA), apunta al posicionamiento del Departamento de Cundinamarca como potencia turística de la nación, este trabajo se dio bajo un enfoque prospectivo con un horizonte temporal de diez años.



De la misma forma, el estudio situacional del departamento, señala como debilidades que “no existen productos turísticos fácilmente identificables en los municipios”, la falta de apropiación de los territorios, baja competitividad, falta de integración de la cadena productiva del turismo, todo esto identificó la problemática central así: “el limitado desarrollo del turismo en el departamento, derivado de la subutilización, desconocimiento y falta de valor agregado de atractivos, productos y servicios del sector, la débil integración público privada, la escasa participación y el sentido de pertenencia de las comunidades”. En este estudio del IDECUT presenta como eje estratégico el fortalecimiento y diferenciación del producto turístico de Cundinamarca.

A nivel regional se encuentra en el Plan de Desarrollo Turístico de Girardot (2011), el cual plantea la integración de la oferta turística regional con la municipal que compone la cuenca del Río Magdalena. De otra parte, en el acuerdo 04 del 2015: “por el cual se crea la Política Pública de Turismo en el Municipio de Girardot”, se proponen tres ejes de desarrollo turístico: producto turístico, fortalecimiento institucional, promoción y mercadeo del destino.

Otros planes de desarrollo turístico se encuentran en fase de actualización en los municipios de Agua de Dios, Tocaima y en fase de elaboración el del municipio de Ricaurte, en estos documentos consultados se señala la importancia de unificar apuestas para el desarrollo turístico con herramientas que sirvan para la planificación a mediano y largo plazo.

Desde los estudios presentados, se soporta la necesidad de implementar estrategias para el desarrollo de productos turísticos sustentables en la región, que dinamicen el sector turístico de la Provincia del Alto Magdalena consolidando los intereses, deseos y los esfuerzos de la mayoría de actores involucrados en el turismo. De otra parte, se demanda reforzar la conciencia de los diferentes agentes del sector para fortalecer las alianzas estratégicas alrededor de la cadena productiva, que contribuya a identificar a la región

como destino turístico de predilección para turistas nacionales y extranjeros.

## Fundamento teórico

### Desarrollo sustentable del turismo

Son varios los autores que aseguran que el desarrollo no se puede dar sin un adecuado crecimiento económico, lo anterior lleva al impulso sustentable como un concepto ligado al desarrollo local, este análisis se inicia a partir de la década del sesenta al percibir que el crecimiento económico no conllevaba al desarrollo, los primeros referentes del concepto “desarrollo sustentable” se dieron en 1972 en Estocolmo en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible.

En 2004, La Organización Mundial del Turismo plantea que el turismo sustentable cruza las fronteras del ecoturismo, señala que el concepto de sustentabilidad en el turismo se soporta sobre tres premisas de manera equilibrada: responsabilidad en el uso adecuado de los recursos naturales, respeto por la autenticidad cultural y social de las comunidades locales, distribución equilibrada de los beneficios económicos para los prestadores con el propósito de reducción de la pobreza.

De acuerdo a lo expresado anteriormente son varios los trabajos sobre turismo que coinciden al declarar que un destino turístico sustentable debe gestionar el desarrollo socioeconómico desde las características y necesidades de la región con la participación comprometida en el progreso de los proyectos que involucre a todos los gestores como: prestadores de servicios, gobierno local, gremios, población local, turistas.

Mantero (2003) sostiene que el paradigma del “desarrollo sustentable” se puede abordar desde tres perspectivas: la neoliberal, la de necesidades básicas y la estructuralista; la primera es vista como alternativa de crecimiento económico; la de necesidades básicas es tomada como una condición necesaria para

garantizar las condiciones de vida para las generaciones de hoy y de mañana; y desde la postura estructuralista, se presenta como una condición necesaria que permite alcanzar la equidad y justicia.

Según SERNATUR (2008), el desarrollo sustentable es un proceso que se genera de manera sostenida para mejorar la calidad de vida equitativa de las personas, tomado desde las premisas fundamentales de la conservación y protección del medio ambiente de tal forma que no se comprometa el bienestar de las futuras generaciones.

De esta manera, el desarrollo se toma como la evolución progresiva de la economía la cual contribuye a mejorar la calidad de vida de una comunidad, desde esta perspectiva los aportes de autores como Sen (1993), en la propuesta contenida en la teoría de las capacidades humanas, donde el autor analiza problemas sociales que afectan el bienestar humano, como la desigualdad, la calidad humana, la ausencia de desarrollo humano, por lo cual otorga unas herramientas o marcos normativos para evaluar y conceptualizar los problemas sociales.

Max-Neef (1997) propone un modelo donde el ser humano es el centro del desarrollo, el modelo del autor presenta tres pilares: satisfactores y necesidades humanas, generación de niveles crecientes de satisfacción, articulación orgánica de los seres humanos con la naturaleza y la tecnología. Desde las fuentes de desarrollo el turismo vincula dos pilares que trabajan en alianza, el primero desde la inversión privada; y el segundo desde lo público con los gobiernos locales, regionales o nacionales; estas dos fuerzas han tomado la iniciativa para desarrollar los destinos con alto potencial turístico.

### Gestión turística

Se encuentran modelos que proponen la noción de sistemas de los destinos, el modelo de Toledo, Valdés y Polero (1998) conocido como el Sistema Internacional Integrado de la Competitividad en Destinos

Turísticos, está constituido por la interrelación de sus cinco factores en el ámbito turístico, los cuales consideran el sistema turístico adaptable a las variaciones de las condiciones del medio, tendientes a la conservación de su forma, por lo cual se considera el sistema turístico como abierto homeostático con equifinalidad.

Otro modelo es planteado por Ritchie y Crouch (2003), modelo de competitividad y sostenibilidad para destinos turísticos, también conocido como modelo Calgary. Este plantea que dependiendo de los recursos que posee el atractivo turístico nacen las ventajas comparativas que lo hacen interesante para los turistas y de esta manera se constituye en el elemento central de la propuesta de valor.

## Materiales y métodos

La metodología que se aplica en este trabajo se basa en dos procesos extraídos de los documentos: "Manual paso a paso para el diseño de productos turísticos integrados" (SERNATUR, 2015), y "Diseño del producto turístico. Un enfoque y una propuesta metodológica" de Víctor Rafael Fernández Ávila (Fernández, 2006).

El derrotero seguido para realizar el diseño del producto turístico de la Provincia del Alto Magdalena contiene las siguientes fases:

**1. Planificación del turismo:** se define el objetivo que tendrá el producto turístico para la Provincia del Alto Magdalena, definición de la identidad turística expresada en los planes de desarrollo, planes de competitividad, planes de ordenamiento territorial, inventarios turísticos calificados, estado de la planta turística, gestión del talento humano del sector, desempeño de la superestructura, uso de la tecnología, capacidad de la infraestructura. Todo lo anterior prioriza los tipos de turismo y se convierte en insumos para el diseño de proyectos turísticos de la Provincia con gestión organizada de los residentes, de la misma forma se recabada

sobre este destino turístico, resaltando los siguientes elementos:

- Características y satisfacción de los visitantes de la Provincia, expresada mediante aplicación de encuesta elaborada en base en la revisión literaria pertinente sobre el tema y mejorada mediante aportes de los principales actores de la industria turística.
- Inventario cuantificado de los atractivos turísticos, recabado de información de tipo secundaria de los planes de desarrollo turístico, proyectos, trabajos.
- Visión de destino, tipo de producto en el cual se especializan, se desarrolla un instrumento con el objeto de evaluar los atractivos turísticos y seleccionar los de mayor ponderación para formar parte de producto turístico.
- Calidad y cobertura de los servicios públicos, conectividad, con información secundaria.
- Gestión de la superestructura turística.

## 2. Investigación de mercados y evaluación de atractivos turísticos:

el primer estudio consistió en identificar el segmento mayor del mercado al que se quiere atender por medio del diseño del producto turístico, lo importante es conocer quién es el turista que visita la región, qué necesita, cuáles son sus deseos y anhelos, con el propósito de lograr un mayor nivel de éxito en la experiencia turística vivida por estos. De esta manera, el resultado de la oferta final turística de la Provincia del Alto Magdalena depende de la relación y sinergia que se pueda crear en: la imagen-producto / identificación-segmento-experiencia de visita.

El instrumento base de estudio en la caracterización y satisfacción fue la encuesta cuyo cuestionario fue aplicado a visitantes hombres y mujeres mayores

de edad que se encontraban en la Provincia del Alto Magdalena, durante la primera quincena de abril del 2017. Esta actividad contó con el apoyo de aprendices pertenecientes al semillero de investigación "SETUR" con la dirección de los instructores investigadores. El cuestionario constaba de 20 preguntas agrupadas en tres sesiones, en la primera se pregunta sobre las características socio-demográficas de los turistas, en la segunda sesión se enfocó en las características del viaje, en la última sesión se cuestionó a los encuestados sobre el grado de satisfacción frente a 9 aspectos en su estadía en la Provincia del Alto Magdalena en una escala Likert que iba de excelente a malo.

## 3. Conceptualización del producto turístico:

el concepto del producto turístico es la base del posicionamiento para los públicos objetivo, este se conforma a partir de las ideas fuerza y la identificación de los beneficios que los productos van a entregar al usuario turístico, las ideas fuerza ayudan a desarrollar conceptos como emociones fuertes y aventura, salud y belleza, familia y contacto con la naturaleza, entre otros. Se realiza entrevista estructurada directa en el mes de junio del año 2017, a un grupo de 25 actores locales con domicilio y trabajo en la Provincia del Alto Magdalena que se encuentran estrechamente relacionados con las actividades turísticas de esta región.

## 4. Diseño de producto turístico:

con base en la caracterización y evaluación de los atractivos turísticos trabajados con los prestadores turísticos del territorio, se desarrolla un instrumento para evaluar y analizar los sitios de interés para conformar los productos turísticos. Los atractivos de estos productos se pueden combinar o integrar de acuerdo con la demanda, en el análisis de priorización que los participantes trabajaron en sesiones individuales, se identifican los atractivos más representativos de la Provincia del Alto Magdalena.

## Resultados

### Encuesta de caracterización y satisfacción de turistas

En la muestra, el 36% fueron encuestados en los establecimientos de comercio y centros comerciales, el 30% fueron abordados en los sitios de interés turístico, el 14% en los terminales de transporte o lugares destinados para esta función y el resto 20% en otros sitios variados.

### Características socio demográficas de los turistas

**Origen:** los turistas encuestados el porcentaje más alto 68,5% proceden de la ciudad de Bogotá, seguida en peso porcentual por los visitantes que arriban a la Provincia desde la ciudad de Ibagué el 11,7%, la frecuencia acumulada de los dos primeros suma más del 80% de los turistas que proceden de las dos grandes ciudades.

**Sexo:** los resultados de las encuestas registran que el 51% de la muestra fueron mujeres y el 49% hombre.

**Composición etaria:** la mayor participación de turistas está en el intervalo de los 26 a 30 años con el 28,8%, seguido por el de 31 a 35 y 18 a 25 con 18,8% y 18,6% respectivamente.

**Nivel educativo:** más de una tercera parte (37,6%) de los turistas registran nivel educativo universitario, en segundo lugar con nivel educativo secundaria es reportado con participación del 23,6%, en tercer puesto tecnólogo con 22,8%.

**Características de viaje:** Medio de llegada: los turistas registran que la principal forma de llegada a la Provincia del Alto Magdalena es en vehículo por medio terrestre con el 45,3%; seguido por el transporte público terrestre con el 41,5% y motocicleta en el tercer puesto presenta el 12,1%.

**Motivo del viaje:** la mitad de los turistas (50,1%) registran que el motivo de viaje fue por vacaciones y recreación, seguido por visita de familiares y amigos con un 45,5%.

**Conceptos para elegir la Provincia del Alto Magdalena como destino turístico:** se pudo apreciar que el 43,4% de los turistas manifestaron que el "clima" fue uno de los principales conceptos, en segundo escalafón señalaron en un 13,8% las "actividades". Siguiendo con el tercer puesto indicaron "alojamiento" con el 12,3%. Continuando con un porcentaje del 9,2% eligen el concepto de "vida nocturna".

**Grupo de viaje:** cerca de las dos terceras partes de los visitantes de la Provincia del Alto Magdalena viajan en familia, seguidos por aquellos que viajaron en "pareja" con el 20%, en el tercer puesto con participación cada uno del 8% están los turistas que viajan "amigos" y "solos".

**Medio de información sobre el destino:** del total de los visitantes reportan en un 45,7% que el destino turístico de la Provincia del Alto Magdalena "ya lo conocía", en segundo escalafón señalan que el medio de información sobre el destino turístico fue "familiares o amigos" con el 45,7%, seguido con 1,3% recibió información por "página de internet".

**Tiempo que va a permanecer en el destino:** la información que se reportó en relación al tiempo de los visitantes en el destino turístico, el 83% de encuestados pernoctan en su destino entre dos y tres días.

**Número de personas con las que viaja:** el 66% de los turistas en la Provincia del Alto Magdalena viajan con más de "tres personas".

### Satisfacción atractivos y servicios

En la percepción que reportaron los visitantes de la Provincia del Alto Magdalena en relación a satisfacción



los factores con calificación alta fueron en su orden: hospitalidad, gastronomía, comercio. Con apreciación media se encuentran: diversión, servicios públicos, atractivos turísticos. En la categoría más baja se ubicaron: limpieza, movilidad y seguridad.

### Evaluación de los atractivos turísticos identificados

Con el propósito de evaluar y analizar los 75 atractivos turísticos identificados para integrar los productos turísticos para las provincias del Alto Magdalena, se desarrolló una matriz la cual presenta una serie de indicadores turísticos que son considerados para el diseño de producto en el destino. De la misma manera, se estructuró un instrumento diseñado con una escala de tipo ejecución la cual es descriptiva, de intensidad ordinal, en el proceso participaron 225 agentes del sector.

Este instrumento fue elaborado a partir de SENARTUR 2.015. CAP 2, donde se incluyeron datos con información de tipo general, los indicadores elaborados recuperan información sobre: mercado, singularidad, sostenibilidad, relación y afinidad, consumo, gestión humana, posibilidades de uso, apoyo comunidad local, equipamiento, infraestructura, vivencia, experiencia y el último dato sobre consideraciones generales del atractivo.

Los resultados de este ejercicio muestran la identificación, caracterización y priorización de atractivos turísticos que deben conformar los productos turísticos presentados por medio de la implementación de rutas turísticas con un mejor comportamiento en los datos obtenidos, estos configuran en primera instancia la estructura de dos rutas turísticas: de turismo naturaleza y de turismo histórico cultural.

## Discusión

Si bien es cierto que el diseño de un producto turístico para la Provincia del Alto Magdalena busca el

desarrollo sustentable basado en procesos de mejoramiento sostenido y equitativo para la calidad de vida de los residentes e inversionistas, se fundamenta en la gestión de todos los recursos de tal manera que puedan satisfacer las necesidades económicas, ambientales, sociales, estéticas y de integridad cultural, además de generar el mejoramiento de la infraestructura, permite el reconocimiento de la región como un destino turístico de calidad asociado a una marca de región, fomentando el sentido de pertenencia y gestión de la población local encaminada a realizar actividades que conserven y valoren el patrimonio cultural material e inmaterial.

El conjunto de bienes y servicios que son utilizados para el consumo turístico del segmento de clientes caracterizados en la segunda fase, estructuran los productos turísticos definidos por los componentes relacionados dos rutas, la primera de turismo naturaleza, la cual está integrada por el conjunto enlazado de los siguientes atractivos turísticos: Embarcadero y Puente férreo de Girardot, Cavernas naturales, Bosque de los chorros, Parque natural Mana Dulce, Puente de los Suspiros, Cueva del Mohan, El Manantial, Charco de la Mula, Pozos azufrados de Tocaima, Pozos Azufrados Alto de Limba, Cerro la Guaca, Cerro Coto coma, muelle Municipio de Nariño, Aguas Azufradas, Cerro de las tres cruces, Rio Seco.

La segunda ruta pertenece al turismo histórico-cultural, conformada por los atractivos: Plaza de Mercado Girardot, Catedral Inmaculada corazón de María, Iglesia San Miguel Arcángel, Casa Jefe de la Estación, Banco de la República Girardot, Parque Bolívar Girardot, Monumento El Boga, Monumento El León, La Danza del Sol, Monumento a Jorge Eliécer Gaitán, Monumento a Atanasio Girardot, Monumento de Simón Bolívar, Monumento de Ramon Bueno y José Triana, La Flor de Acasia, Monumento del Reloj, La Locomotora, Parque del Periodista, Monumento a Benjamín Herrera, Iglesia Antigua de Ricaurte, Maloca Ricaurte, Museo Luis A. Calvo, Museo Médico de la Lepra, Museo Oreste Cindici, Capilla Convento

Betania, Capilla Hospital San Rafael, Capilla Internado Nazareth, Capilla San Francisco de Asís, Capilla Nuestra Señora del Carmen, Santuario de Santa Cruz, Santuario el Mirador, Museo de Pubenza, Puente de los Suspiros, Templo Municipal Tocaima, piedras y petroglifos Tocaima.

En relación a los servicios turísticos de la provincia, han sido evaluados por los visitantes con una percepción media de valoración lo que indica que se debe trabajar en entregar un valor agregado al transporte, alojamiento, agencias entre otros. Un valor destacado lo obtuvo el ítem de gastronomía, la cual tiene incidencia en la cultural local y se puede potencializar con los trabajos del SENA Girardot sobre identificación de los platos ancestrales en los ocho municipios de la Provincia.

La región presenta buena dotación de bienes y servicios básicos con calidad en las redes de transporte, comunicación y servicios públicos. Indiscutiblemente, el producto turístico debe incluir la gestión de los residentes organizados, los cuales dan particularidad y diferenciación en los servicios prestados. En relación a la percepción-imagen-emoción, debe estar alineada a cada segmento de mercado a la cual va dirigido el producto turístico permitiendo la inclusión de todo turista.

## Referencias

Alvarado, J. (2013). "Las teorías del desarrollo. En el análisis del turismo sustentable" *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, vol. XIV, núm. 27, pp. 144-167, Universidad de Costa Rica Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica.

Figuerola, L., Cavazos, J., & Moreno, Y. (2015). "Desarrollo de productos turísticos rurales sustentables. Propuesta y validación de expertos respecto a tres variables". Recuperado el 15 de septiembre, de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193435584005>

Instituto Departamental de Cultura y Turismo (IDECUT). (2017). "Actualización del Plan de Desarrollo Turístico". Recuperado el 25 de octubre de: <http://www.idecut.gov.co/index.php/mas-noticias/670-idecut-avanza-en-la-actualizacion-del-plan-de-desarrollo-turistico-de-cundinamarca>

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2011). "Diagnóstico, visión y estrategias del sector de turismo a nivel nacional y regional".

Municipio de Duitama. (2015). "Diseño y desarrollo del producto turístico para la ciudad de Duitama, departamento de Boyacá".

Municipio de Girardot. (2015). "Acuerdo 004. Política Pública de Turismo".

Segura, A. (2016). "Caracterización del diseño de una ruta turística para San Juan de Girón que incorpore el uso de TIC's". *I+D Revista de Investigaciones*.

Servicio Nacional de Turismo (SENATUR). (2015). "Manual paso a paso para el diseño de productos turísticos integrados". Recuperado el 17 de octubre, de: <https://asesoresenturismoperu.files.wordpress.com/2016/08/244-manual-productos-turc3adsticos-chile.pdf>

## Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la formación para el trabajo: un relato desde el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia

---

*Information and Communication Technologies in Training for Work:  
a Story From the National Service of Learning - SENA, Colombia*

**JOSÉ LUIS GUZMÁN O.**

**Instructor, SENA Regional Córdoba  
Grupo de Investigación Comercio,  
Industria y Turismo**  
jlguzmano@sena.edu.co

**MIGUEL ALFONSO OVIEDO G.**

**Instructor, SENA Regional Córdoba  
Grupo de Investigación Comercio,  
Industria y Turismo**  
moviedog@sena.edu.co

**WILBER EUSTORGIO ÁLVAREZ Á.**

**Instructor, SENA Regional Córdoba  
Grupo de Investigación Comercio,  
Industria y Turismo**  
walvareza@sena.edu.co

**Fecha de recepción:** 1 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 2 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 21 de agosto de 2017









# Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la formación para el trabajo: un relato desde el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia

## *Resumen*

Los cambios que se han generado a nivel mundial en todos los campos de actuación del ser humano, exigen del hombre el desarrollo de competencias que le permitan dar respuesta inmediata a los problemas del entorno en que se desenvuelve, para lo cual se hace importante formar al ser en este sentido. En consecuencia, las tecnologías de la información y la comunicación han pasado de ser simples aparatos para realizar tareas complejas a convertirse en herramientas que intervienen, facilitan y mejoran la vida diaria de todas las personas. Al respecto, la educación en todos sus niveles no ha sido la excepción, razón por la cual se ha visto en la necesidad de resignificar la forma como se venían concibiendo los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Así, en Colombia la modalidad denominada como Educación para el Trabajo y el Desarrollo Humano (antes educación no formal), siendo parte del servicio público educativo (Artículo 5 de la Ley 115 de 1994) también se ha visto en la necesidad de asimilar los cambios que la incursión de las TIC, exige como una forma de asimilar la nueva educación del siglo XXI. Visto esto, en el presente artículo se presenta una relatoría del proceso de asimilación de las mencionadas herramientas en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Se parte desde una cronología que señala la forma cómo los diferentes programas de formación

técnica fueron incorporando los cambios al currículo para, finalmente evidenciarlos dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje que los tutores desarrollan con los aprendices.

*Palabras clave:* TIC, educación para el trabajo y el desarrollo humano, enseñanza-aprendizaje, educación, competencias.

## *Abstract*

The changes that have been generated worldwide in all fields of human performance, require man to develop skills that allow him to respond immediately to the problems of the environment in which he develops, for which it is important to train the Be in this sense. In this sense, information and communication technologies have gone from being simple trimmed to perform complex tasks to become tools that intervene, facilitate and improve the daily lives of all people. In this regard, education at all levels has not been the exception, which is why it has been necessary to re-shape the way in which the teaching-learning processes were conceived.

Thus, in Colombia, the modality called Education for Work and Human Development (formerly non-formal

education), being part of the public educational service (Article 5 of Law 115 of 1994), has also seen the need to assimilate changes that the incursion of TIC demands as a way of assimilating the new education of the 21st century. Given this, the present article presents a report on the process of assimilation of the mentioned tools in the National Service of Learning (SENA). It starts from a chronology that indicates how the different technical training programs were incorporating the changes to the curriculum to finally highlight these within the teaching-learning processes that the tutors develop with the apprentices.

*Keywords:* TIC, Education for Work and Human Development, Teaching-Learning, Education, Skills.

## Introducción

El Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA<sup>1</sup>, da el mayor salto cualitativo con la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), entre los años 2006 al 2010, bajo la dirección de Darío Montoya, consagrado en el Plan Nacional de Desarrollo “Estado Comunitario: Desarrollo para todos” 2007-2010. El SENA al introducir las TIC, retoma el objetivo de la modernización de la infraestructura, actualización y creación de nuevos ambientes de aprendizaje, que motiven la autonomía y la participación del alumno en su proceso de aprendizaje y el trabajo cooperativo, aproximándose a los espacios reales de trabajo y apoyándose en las herramientas mencionadas. También propone el impacto en la productividad y competitividad del país mediante el desarrollo tecnológico, la innovación y el emprendimiento, teniendo como enfoque de formación, “Las competencias laborales”<sup>2</sup>.

En este contexto, el Ministerio de Educación Nacional (MEN), ha liderado una política nueva que consiste en la integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en el sistema educativo, en la medida en que se conciben como herramientas eficaces para propiciar equidad, variedad de oportunidades educativas y la democratización del conocimiento. De esta forma, dicho propósito deja claro la necesidad de incentivar, impulsar y favorecer la calidad de la labor del docente como elemento imprescindible en la dinámica de los procesos de enseñanza-aprendizaje y como indicador genuino de la calidad educativa del país.

Así, en alianza con las políticas de Estado y de gobierno, todos los programas ofrecidos por el SENA son ajustados para incorporar las competencias que comprometan a sus aprendices con el emprendimiento, el manejo de las TIC, el logro de la competitividad, el desarrollo de tecnología, la producción limpia, entre otras, de manera que sean líderes de la revolución educativa y en el incremento de los niveles de cobertura, pertinencia y calidad de la formación profesional que se imparte.

Por ello, uno de los grandes retos es lograr un verdadero sistema masivo de formación virtual, obteniendo un cumplimiento en la meta con 980.633 estudiantes matriculados, esto corresponde a un porcentaje de cumplimiento del 280%, por medio de 400 cursos ofertados en formación complementaria y 15 titulaciones en áreas ocupacionales. Además, se establecieron aulas móviles en diferentes regiones y sectores económicos, en el marco del programa de “Modernización Tecnológica de los Centros de Formación”, para acceder a los lugares más apartados del país. De esta forma, a diciembre del 2006 se asignaron 141 Aulas Móviles, distribuidas así: 93 en el sector agropecuario, 31 en el industrial, 17 en comercio y 15 en servicios.

## Marco teórico

Durante la mayor parte del siglo XX, la característica distintiva de la economía en Colombia fue su gran

1 Institución estatal colombiana responsable de la formación y calificación de los trabajadores colombianos.

2 Capacidad de desempeñar funciones productivas con base a las normas de calidad establecidas por el sector productivo.

dependencia del sector exportador, fundamentalmente de materias primas e insumos fabriles; mientras que el precario consumo interno se basaba en la importación de bienes industriales y manufacturados. Tal comportamiento comienza a cambiar luego de la crisis de 1929 y posteriormente con la Segunda Guerra Mundial y el derrumbe de la economía internacional, que llevó a la destrucción del aparato productivo en Europa tras el fin de la Segunda Guerra Mundial (Ministerio de Protección Social, 2005). La política de sustitución de importaciones que impulsó la CEPAL en América Latina desarrolló parte del engranaje productivo de los países de la región, particularmente en Colombia se acentuó este desarrollo en la promoción de la industria textil y metalúrgica, y en la consolidación de empresas estatales y de servicios públicos (Ministerio de Protección Social, 2009).

Este desarrollo y nuevo modelo económico obligó al país a establecer una política de capacitación técnica de la nueva fuerza laboral y a la creación de instituciones que resolvieran esa creciente demanda. En esta línea, el gobierno conservador de Mariano Ospina Pérez expidió la Ley 143 de 1948, la cual dio origen a las escuelas técnicas dependientes de la división de educación industrial del Ministerio de Educación Nacional. En el año 1954, el Ministerio de Trabajo creó el Instituto de Capacitación Obrera; solo hasta la creación del SENA, en 1957, el país tiene una institución con una misión y una visión para enfrentar de forma adecuada las nuevas exigencias impuestas por el nuevo modelo “industrial colombiano”, basado en la política de sustitución de importaciones prevalientes en el país.

Es en ese contexto que surge el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) como una institución educativa de carácter público, cuya misión es la formación profesional integral para el trabajo (SENA, 2000). Esta institución tiene su origen mediante el Decreto Ley 118 del 21 de junio de 1957 y su función la estableció el Decreto 164 del 6 de agosto del mismo año “Por el cual se decretan aumentos de salarios, se establece el subsidio familiar y se crea el Servicio Nacional de

Aprendizaje”, promulgado bajo el mandato de la Junta Militar de Gobierno del general Rojas Pinilla. Esta institución nace con el propósito de “cumplir la función que le corresponde al Estado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral para la incorporación de las personas en actividades productivas que contribuyan al crecimiento social, económico y tecnológico del país” (SENA).

Con la creación del SENA se reemplazaron los anteriores esfuerzos por capacitar a la población obrera que sería esencial en la consolidación del nuevo modelo productivo impulsado por la CEPAL. El SENA es una entidad de educación no formal, entendiendo por esta “La que se ofrece con el objeto de complementar, actualizar, suplir conocimientos y formar, en aspectos académicos o laborales sin sujeción al sistema de niveles y grados establecidos para la educación formal” (Oficina Asesora Jurídica Ministerio de Educación Nacional, 2013). Esta se encuentra además adscrita como ente autónomo del Ministerio del Trabajo, así: “La Ley mantiene la unidad jurídica y organizativa de la Entidad; su carácter estatal de interés público; su dirección y administración tripartita (gobierno, trabajadores y empresarios) en los niveles nacional y regional; su adscripción al Ministerio de Trabajo con carácter descentralizado, es decir, con administración independiente. Define su misión de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral, en función de las necesidades de desarrollo del país. Establece el manejo autónomo de su presupuesto y el carácter redistributivo de la asignación de los recursos entre regiones, sectores económicos y niveles de la producción”.

Por lo que la institución sigue siendo una de las más importantes y extendidas en Colombia, con presencia en la mayoría de los departamentos del país y con mayor número de estudiantes que cualquier otra institución educativa.

Originalmente, la entidad surgió con el objeto de capacitar de manera mucho más técnica y eficiente

a la creciente mano de obra que las empresas colombianas requerían en el marco de la ampliación y búsqueda de nuevos mercados iniciada a finales de la década de los años cincuenta con el modelo sustitutivo. A lo largo de sus casi seis décadas de existencia, la institución ha atravesado por diversos momentos institucionales que constituyen hitos en su desarrollo y consolidación. Los más relevantes son los siguientes:

- El Estatuto de la Formación Profesional Integral. Acuerdo 0008, aspecto que le da autonomía del Ministerio del Trabajo, así: “La Ley mantiene la unidad jurídica y organizativa de la Entidad; su carácter estatal de interés público; su dirección y administración tripartita (gobierno, trabajadores y empresarios) en los niveles nacional y regional; su adscripción al Ministerio de Trabajo con carácter descentralizado, es decir, con administración independiente”.
- “Define su misión de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral, en función de las necesidades de desarrollo del país”.
- “Establece el manejo autónomo de su presupuesto y el carácter redistributivo de la asignación de los recursos entre regiones, sectores económicos y niveles de la producción”. Por lo que la institución sigue siendo una de las más importantes y extendidas en Colombia, con presencia en la totalidad de departamentos y con mayor número de estudiantes que cualquier otra institución educativa.

Entre 1957 y 1968, la cobertura de la institución era restringida en la medida que esta solo se enfocaba en el sector más avanzado de la economía y su formación únicamente se desarrollaba en centros fijos. Del año

1969 a 1974, el número de alumnos se incrementó sustancialmente y se crearon los programas de atención urbana y rural con el propósito de descentralizar la formación impartida por la entidad.

Para los años de 1975 a 1980, se introducen conceptos pedagógicos como la “desescolarización” y la “participación comunitaria”, entre otros. Y durante 1980 y 1990, el país ha conformado núcleos urbanos e industriales estables; por ello, la entidad desarrolla la política de formación permanente, la división curricular por módulos y la formación a distancia. La década de los noventa fue de crisis institucional debido al abandono del modelo sustitutivo, la promoción de la reducción drástica del sector público en la prestación de servicios, y a la intempestiva inserción del país en el comercio internacional. Esta nueva realidad llevó al Gobierno Nacional a expedir la Ley 119 de 1994 que reestructuró sustancialmente a la entidad.

En el nuevo milenio, con el país envuelto en nuevos retos políticos y económicos y con la creciente masificación de las Tecnologías Informáticas y de Comunicaciones (TIC), cambiaron también las perspectivas del SENA. El modelo educativo tradicional se reemplazó por un modelo de educación por competencias. En el año 2004, fueron expedidos los decretos 249 y 250 mediante los cuales se alteró la planta de personal de la entidad y se activó un nuevo modelo pedagógico que se basaba en la flexibilidad curricular y en la irrupción de las denominadas competencias laborales. Este trabajo tiene como propósito realizar un análisis acerca de la implementación de los postulados que orientan el modelo de aprendizaje por competencias y por proyectos en el SENA, apoyado por tecnologías informáticas y de comunicaciones.

Con lo anterior, aproximarse al SENA y definirla en su estatus de institución de educación dentro del sistema educativo colombiano, refleja una gran complejidad que escapa a nuestra lectura en este trabajo. Sin embargo, hay algo para destacar de la entidad en esta nueva etapa, y es que *El SENA es una institución*



que tiene características de educación formal e informal y está regulada por el Ministerio de la Protección Social, ahora Ministerio de Trabajo. Lo anterior es *sui generis* en esta estructura educativa, y para entender mejor dicha característica debemos explorar la metodología de formación y su oferta educativa durante la última década.

## El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y la incorporación de las TIC en el funcionamiento pedagógico de la institución

Para el SENA, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) desempeñan un papel fundamental en el propósito de su misión de llevar “Conocimiento para todos los colombianos” a través de sus principales procesos de investigación, formación, aprendizaje, gestión por competencias laborales y de intermediación laboral. El SENA pide que para llevar a cabo adecuadamente esa intención, es necesario que los usuarios de los servicios TIC entiendan la responsabilidad de dar un buen uso a estos recursos y de respetar los derechos de los demás miembros de la comunidad de aprendizaje de disponer de adecuados niveles de calidad de estos servicios.

Lo que el SENA al parecer no concibe es que la innovación es un camino estratégico que siguen las comunidades educativas para responder a dinámicas cambiantes y que junto con la investigación, requiere de la asimilación de las tecnologías como mediadoras para desarrollarlas, dominarlas y aplicarlas eventualmente en diferentes campos de desenvolvimiento. Por consiguiente, su puesta en práctica dentro de un contexto organizativo, cultural o técnico se constituye en una novedad. Así, la innovación educativa, si bien está próxima a la práctica, implica cambios en el currículo, en las formas de ver y pensar las disciplinas,

en las estrategias didácticas desplegadas, y por supuesto, en la gestión de las diferentes dimensiones del entorno educativo.

La innovación es una mejora que se puede medir, es deliberada, duradera y no ocurre con frecuencia. En educación, la innovación es relativa al contexto; es decir, las prácticas que son nuevas en una institución se consideran innovación así ya se hayan implementado en otras instituciones, tema escasamente abordado por el SENA, debido a la naturaleza de sus programas basados en competencias laborales, que no permiten la modificación sin la previa aprobación de las mesas sectoriales.

La innovación educativa, es un “acto innovador” solo si añade algo a la suma de invenciones conocidas, de lo contrario solo sería una copia del acto original. Sin embargo, en educación para el trabajo, la invención de nuevos métodos, herramientas, contenidos e instrumentos es importante, lo que cobra más relevancia es su uso, apropiación, utilización y difusión por todo el sistema de formación para el trabajo.

La estrategia predominante en el sistema centralizado del SENA, consiste en hacer cumplir los cambios a través de una cadena jerárquica de mando y tiende a ser aplicada más rápidamente en todo el sistema, pero rara vez es interiorizada por los agentes involucrados, esto es, tutores y aprendices. De esta forma, en sistemas no jerárquicos y democráticos, distintos al SENA, la estrategia medular estriba en explicar las razones para introducir la innovación dando a los participantes la oportunidad de aceptar, modificar o rechazar los cambios.

La innovación no implica simplemente la incorporación de recursos tecnológicos en las aulas. Significa una transformación cultural en la manera de gestionar y construir el conocimiento, en las estrategias de enseñanza, en los nuevos paradigmas institucionales, en los roles de los instructores y los aprendices, e incluso en la manera creativa de pensar la educación, la tecnología y al SENA.

Todo proceso de cambio e innovación surge como respuesta a una necesidad, la detección y toma de conciencia de la existencia de problemas es un aspecto central que posibilita las innovaciones. De este modo, pueden pensarse como un acto deliberado de solución de problemas. Decimos que es una acción deliberada para resaltar su carácter no improvisado; para llevarla a cabo se necesita poner en práctica mecanismos de diagnóstico y de planificación.

El cambio y la innovación, además, implican un acto de creatividad. Al poner en práctica una innovación necesariamente se producen ideas, se adaptan y recrean las propuestas originales dando lugar a nuevas ideas y experiencias.

## A manera de conclusión

Para finalizar, es factible afirmar que toda filosofía de la educación se sitúa necesariamente bajo una antropología filosófica; esto equivale a decir que anteriormente a cualquier intento de educación subyace una imagen del ser humano. Al respecto, el filósofo Kant ya se preguntaba ¿qué es el ser humano para que sea educado?, señalando así la dimensión real que una antropología asume en cualquier proceso pedagógico. Si la educación es un proceso formador de personas, de seres humanos, necesitamos saber de antemano qué es ese ser humano al que pretendemos formar. Y ocurre que al pensar nuestro concepto de ser humano nos encontramos con la cuestión política, pues tal concepto se halla estrechamente relacionado con la sociedad en que dicho ser humano está o estará inserto.

Coherente con la anterior premisa, se presentan dos posibilidades fundamentales para el proceso educativo del SENA: formar personas comprometidas con el mantenimiento de esta sociedad, o formar personas comprometidas con su transformación. Por ello, en la historia de la pedagogía y de la educación se pueden observar dos concepciones fundamentales acerca del

concepto de ser humano: la esencialista, según la cual aquello que sea el hombre está definido por una esencia anterior y exterior a él; y la existencialista, según la cual el ser se define a posteriori, a través de sus actos, construyendo paulatinamente la esencia de lo que es ese hombre de dentro hacia afuera.

## Referencias

- Amorós, A. (2011). *Desarrollo e implementación de la Formación por Proyectos en el SENA. Un ejemplo de Buenas Prácticas en la transferencia metodológica*.
- Barbero, J. M. (1996). "Heredando el futuro. Pensar la educación desde la comunicación".
- Belzunegui, A., & Ignasi, B. (2003). *Flexibilidad y formación: una crítica sociológica al discurso de las competencias*. Barcelona.
- Castells, M. (1999). *La revolución de la tecnología de la información*. Recuperado el 15 de 03 de 2013.
- Castells, M. (2008). *La era de la información. La sociedad en red*. (Vol. I). Cambridge: Siglo XXI editores.
- Cruz Baranda, S. (2000). *Una explicación didáctica a la formación en competencias*. Bogotá: CEDIMPRO.
- Delors, J. (2009). *La educación encierra un tesoro*. UNESCO.
- Dirección de Formación Profesional. Grupo de la Innovación de la Formación. (2011). Bogotá: SENA.
- Dirección de Formación Profesional. "Uso apropiado de los Servicios TIC". Versión 1.0 2008. Bogotá: SENA.
- Estándares para el diseño, construcción y montaje de cursos de formación complementaria en ambientes virtuales de aprendizaje*. Bogotá: SENA.
- Márquez, P. (2000). *El impacto de la sociedad de la información en el mundo educativo*.
- Ministerio de Educación Nacional. (2013). Recuperado el 15 de 02 de 2013, de "Impacto de las TIC en la educación: Ministerio de Educación Nacional". Recuperado el 20 de 02 de 2013, de Ministerio de educación Nacional: [www.mineducacion.gov.co/1621/article-87076.html](http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87076.html)

- Miñana, C. (2009). "Fuentes doctrinales de las recientes reformas". En varios, *La educación superior, tendencias, debates y retos para el siglo XXI*.
- Mora, J. (2008). "Sobre-educación en el mercado laboral colombiano". *Revista de economía institucional*. Universidad Externado de Colombia, pp. 293-309.
- Oficina Asesora Jurídica Ministerio de Educación Nacional. (2013). *Ministerio de Educación Nacional*. Recuperado el 20 de 02 de 2013, de Ministerio de Educación Nacional: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87076.html>
- Parra, D. M. (2003). *Manual de enseñanza aprendizaje*. Medellín: SENA.
- Prats, C. (2007). *Comunicación empresarial 2.0. La función de las nuevas tecnologías sociales en la estrategia de comunicación empresarial*. Barcelona. Editorial Paidós.
- Rueda, R. (Octubre de 2001). "¿Tecno utopía en la escuela? La necesidad de una pedagogía crítica". *Nómadas*.
- Rueda, R. (2007). *Para una pedagogía del hipertexto: Una teoría entre la deconstrucción y la complejidad*. Barcelona: Anthropos.
- SENA. (2003). *Metodología de la formación por proyectos* (Vol. 3). Bogotá: SENA.
- SENA. (2009). *Estatuto de la formación Profesional Integral. Acuerdo 0008 aspectos jurídicos*. Bogotá.
- SENA. (s.f.). Recuperado el 7 de 03 de 2013, de página oficial [www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co).
- Sierra, I., & Carrascal, N. (2008). *La gestión de ambientes de aprendizaje y el desarrollo de competencias*. Montería. Fondo Editorial Universidad de Córdoba.
- Tobón, S. (2004). *Formación basada en competencias*. Bogotá: ECOE.
- Villamil, J. (2003). "Productividad y cambio tecnológico en la industria colombiana". *Economía y desarrollo*.
- Zuñiga, L. (2003). *Metodología para la elaboración de competencia laboral*. Bogotá: SENA.
- Becker, G. (1983). *El Capital humano, un análisis teórico y empírico referido fundamentalmente a la educación*. Editorial Madrid: Alianza.
- Documento Conpes, 3072. (2005). *Agenda de Conectividad*, Bogotá D.C.
- Documento Conpes Social No. 91. (2005). Departamento Nacional de Planeación: Bogotá D.C.
- Documento Conpes 3080 *Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002*. (2000). Bogotá D.C.
- Documento Conpes Bases de una política de desarrollo productivo basada en la innovación y el desarrollo tecnológico. (1995). "El salto educativo y cultural". *El salto social: Bases para el Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998*. Bogotá: SENA.
- "Un plan educativo por la paz". *Plan nacional de desarrollo 1998-2002. Cambio para construir la paz*. (1999). "Revolución Educativa". *Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 Hacia un Estado Comunitario*. (2003). Bogotá.
- Plan Nacional de Desarrollo "El Salto Social 1994 -1998". (1994). Bogotá.
- Plan Nacional de Desarrollo "Cambio para construir la paz 1998-2002". (1998). Bogotá.
- Plan Nacional de Desarrollo "Hacia un Estado comunitario 2002-2006". (2002). Bogotá.
- Gobierno Nacional. (2001). *Fundamentos jurídicos de la Agenda de Conectividad*. Bogotá.
- SENA. *Sistema Nacional de Formación para el Trabajo. Enfoque colombiano*. Bogotá. 2003 *Transferencia de tecnología de los proyectos pertenecientes al programa de innovación y desarrollo tecnológico productivo, SENA*. Bogotá. 2006
- UNESCO. *Hacia las sociedades del conocimiento*. (2005). Ediciones Siglo XXI.





## Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's)

*Digital Models Generation by Photogrammetry Using  
Unmanned Aerial Vehicle (UAV's)*

### **ÓSCAR WILLIAM VERGARA R.**

**Ingeniero en Mecatrónica  
Especialista en Gestión de proyectos  
Centro Agroturístico - Regional Santander  
Grupo de Investigación en Tecnología,  
Innovación y Pedagogía  
Manuela Beltrán, GITIP-MB  
overgarar@sena.edu.co**

### **HAROLD DUARTE R.**

**Tecnólogo en Electrónica  
Talento Línea Electrónica y  
Telecomunicaciones de Tecnoparque  
Nodo Socorro  
yarogato@gmail.com**

**Fecha de recepción:** 15 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 10 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 28 de agosto de 2017







# Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's)

## *Resumen*

Mediante la captura de imágenes, realizadas con vehículos aéreos no tripulados (UAV's, por su sigla en inglés), también conocido como Drones, se puede desarrollar modelos digitales de elevaciones (MDE) con múltiples aplicaciones en áreas del conocimiento como: agronomía, cartografía, ortofotografía, topografía y arquitectura. El objetivo de esta investigación fue realizar un método de conversión de fotografías bidimensionales a un modelo tridimensional digital, que permita realizar mediciones con una precisión de  $\pm 2$  metros.

Dentro de los resultados se obtuvo una orto fotografía de alta resolución georeferenciada, la cual permite hacer mediciones y realizar cálculos volumétricos, que puede ser exportada a un sistema de tipo CAD (Diseño Asistido por Computadora), así como también curvas de nivel y modelos digitales de superficie y terrenos.

*Palabras clave:* drones, cartografía, modelos digitales de elevaciones, orto-fotografía, fotogrametría.

## *Abstract*

Through the capture of images of unmanned aerial vehicle, known in English as UAV or DRONE, can develop digital

elevation models (DEM) with multiple applications in areas of knowledge such as: agronomy, cartography, orthography, topography and architecture. The objective of this research was to carry out a method of converting two-dimensional photographs to a three-dimensional digital model allowing measurements to be executed with an accuracy of  $\pm 2$  meters.

Within the results, a high resolution orthophotography georeferenced was obtained, which allows to do measurements and volumetric calculations that can be exported to a CAD system (computer-aided design), as well as contour lines and digital surface and terrain models.

*Keywords:* Drones, Cartography, Digital Elevation Models, Ortho-photography, Photogrammetria.

## **Introducción**

Las fotografías aéreas se constituyen hoy en día, en una de las fuentes de información a la que más se recurre en diferentes campos del saber. Los usuarios, tan antiguos como los primeros vuelos en globo, han visto cómo la tecnología fotográfica, así como la de los vehículos utilizados para volar, instrumentación y métodos para los procesos, se han desarrollado a grandes



velocidades, mejorando la calidad, precisión, resolución, y facilitando cada vez más el acceso a este tipo de información.

Ahora bien, Mediante la captura de imágenes, realizadas con vehículos aéreos no tripulados (UAV's, por su sigla en inglés), también conocido como Drones, se puede desarrollar modelos digitales de elevaciones (MDE) con múltiples aplicaciones en áreas del conocimiento como agronomía, cartografía, orto-fotografía, topografía y arquitectura. En ese orden de ideas, Quispe (2015) expresa:

La utilización del drone en fotogrametría es una tecnología cada vez más asequible. Puede ser empleado para la actualización, estudio, monitoreo, inspección u otra actividad en áreas puntuales y concretas. Con la metodología adecuada, se pueden obtener ortofotos y modelos digitales de elevación (MDE) con una resolución espacial antes no disponible, superior a imágenes de satélite (Quispe, 2015, pág. 22).

Entendiéndose la fotogrametría como el arte y/o ciencia, de obtener información confiable mediante la grabación, medición, análisis y representación de imágenes o información de sensores sobre la tierra, su medio ambiente, así como otros objetos físicos y de procesos (Coelho, L., Nunes, J., 2009).

De igual manera, Felicísimo (1994) citado por Pérez y Mas (2009), contextualiza a los Modelos Digitales de Elevación (MDE) como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud en la superficie terrestre, almacenados en una base de datos digital y georreferenciada en un sistema de proyección cartográfica.

Según Fallas (2007) los diferentes usos de los modelos digitales de elevación, son:

1. Estimaciones de volúmenes a remover o rellenar en trabajos de ingeniería.

2. Cartografía topográfica.
3. Mapeo y estudios batimétricos e hidrológicos.
4. Mapeo geológico y geofísico.
5. Simulación y análisis del paisaje.
6. Estimar área a inundar en proyectos hidroeléctricos.
7. Estudios de inter-visibilidad que define la ubicación de antenas para telecomunicaciones.
8. Análisis estadístico del terreno.
9. Determinación de pendiente, aspecto y sombreado del terreno.
10. Visualización en 2.5D (Modelos digitales de elevación: teoría, métodos de interpolación y aplicaciones, p. 2).

## Materiales y métodos

Para la generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV's), se utilizó el drone Phantom 3 Profesional de la compañía DJI, el cual tiene una cámara de 1/2.3" CMOS con efectividad de pixeles de: 12.4 M (pixeles totales: 12.76 M) y un lente FOV 94° de 20 mm (35 mm a formato equivalente), y un foco de f/2.8. Cabe destacar que este drone tiene estabilización en los 3 ejes, es decir, movimiento horizontal, movimiento vertical y rotación, así como un tamaño de máximo de imagen de 4.000 por 3.000 pixeles, lo cual es adecuado para una buena calidad de los mapas.

El terreno al cual se le realizó el modelo digital, fue el Alto de la cruz, localizado en el municipio de Socorro, Santander. Este se eligió con el objetivo de tener un punto base georeferenciado, como es la placa GPS-S-T-129 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Ver Figura 1 y Tabla 1).

De igual manera, se referenció el punto con el GPS-Garmin GPSMAP 64 S, el cual arrojó los siguientes puntos: 6° 27' 50.1" N y 73° 14' 33.6" W.





**Figura 1.** Placa GPS-S-T-129.  
**Fuente:** los autores.

**Tabla 1.** Información de la placa GPS-S-T-129.  
**Fuente:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

| ELIPSOIDALES                               |                     |
|--------------------------------------------|---------------------|
| Latitud                                    | 6° 27' 49.15415" N  |
| Longitud                                   | 73° 14' 33.76691" W |
| Altura Elipsoidal                          | 1630.534 m          |
| Altura(snm):                               | 1615.1 m (GEOCOL)   |
| Cálculo realizado en el año 0              |                     |
| GEOCÉNTRICAS CARTESIANAS Y SUS VELOCIDADES |                     |
| X= 1827787.436 M                           | Vx= 0.002 m/año     |
| Y= -6070275.12 M                           | Vy= 0.002 m/año     |
| Z= 713412.651 M                            | Vz= 0.014 m/año     |
| Cálculo realizado en el año 2005           |                     |

Para realizar el proceso de cálculo del modelo digital de elevación, se procedió inicialmente a realizar un análisis del terreno a medir utilizando la herramienta de visualización GPS Google Earth (Ver Figura 2). El propósito de esta planeación fue definir los límites del terreno a medir y establecer la altura a la que se realizaron los sobre vuelos que, para en este caso en particular, fue de 50 metros. Esta altura se escogió con el objetivo de minimizar el impacto de la deformación de las fotos, producto de la concavidad de la tierra y del tipo de desplazamiento en el cual se está efectuando para evitar así aberraciones en las mediciones.



**Figura 2.** Reconocimiento de terreno a sobre volar.  
**Fuente:** los autores.

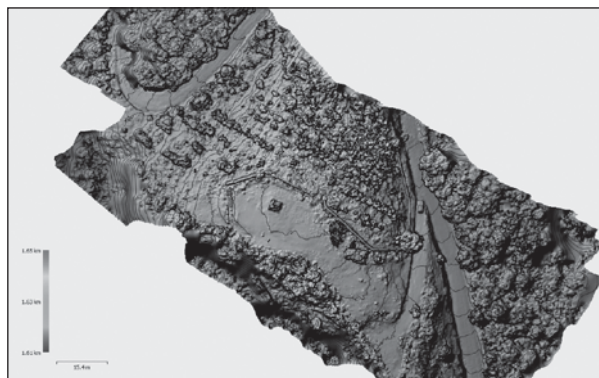
Cade destacar que el sobrevuelo, debe realizarse a manera de zigzag o en forma de cuadrícula y a una altura constante, para luego exportar las fotos obtenidas a un *software* de tratamiento de imágenes y corroborar así su aspecto, el color en el espectro RGB y la calidad de exposición para continuar con el tratamiento del *software* de procesamiento de fotogrametría. Dicho procedimiento consiste en realizar una orientación de las imágenes, es decir, situar los fotogramas con sus marcas fiduciales en la misma posición en que se realizaron las tomas, consiguiéndose el modelo por restitución, al cual se le aplican giros, traslación y factor de escala para tener el modelo en coordenadas del terreno en magnitud real.

Para finalizar el procedimiento, se hace la formación del modelo por rectificación, el cual consistente en hallar la intersección entre la foto orientada y el modelo digital del terreno correspondiente al espacio que se quiere determinar. Es importante mencionar que para realizar un modelo de rectificación, previamente se ha realizado el modelo de restitución de dicho lugar.

## Resultados

Dentro de los resultados obtenidos se tiene el modelo Digital de Elevaciones (ver Figura 3), con el cual también se adquieren las curvas de nivel para indicar los cambios en las alturas de terreno, utilizando la con-

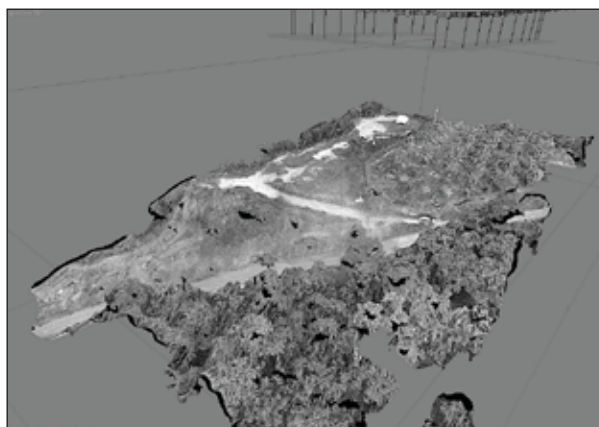
vención de colores y la escala a la que se encuentra para los cálculos de las áreas a medir y de esta manera poder entregar resultados precisos.



**Figura 3.** Modelo digital de elevación del Alto de la cruz, municipio de Socorro, Santander.

**Fuente:** los autores.

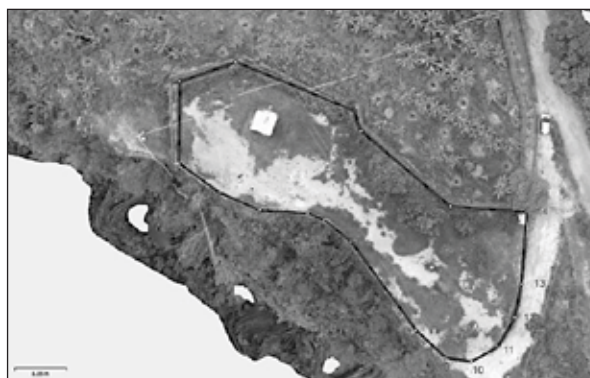
Adicionalmente, se obtuvo el modelo tridimensional a color con el fin de apreciar mejor las irregularidades del terreno a medir, desde una perspectiva de 50° (ver Figura 4).



**Figura 4.** Modelo tridimensional a color con perspectiva de 50°.

**Fuente:** los autores.

Adicionalmente a los resultados descritos anteriormente, también se realizó el cálculo de la medición del terreno. Para ello, se utilizaron los vértices limitantes (ver Figura 5), los cuales son los bordes del terreno que harán las mediciones correspondientes (ver Tabla 2).



**Figura 5.** Vértices, para realizar el proceso de medición.

**Fuente:** los autores.

**Tabla 2.** Vértices a medir en el modelo digital de elevación.

**Fuente:** los autores.

| Vértice | Longitud   | Latitud  | Altura   |
|---------|------------|----------|----------|
| 1       | -73.242723 | 6.463840 | 1642.013 |
| 2       | -73.242803 | 6.463812 | 1639.869 |
| 3       | -73.242804 | 6.463697 | 1638.948 |
| 4       | -73.242747 | 6.463655 | 1640.157 |
| 5       | -73.242690 | 6.463630 | 1640.702 |
| 6       | -73.242621 | 6.463626 | 1640.731 |
| 7       | -73.242598 | 6.463616 | 1640.525 |
| 8       | -73.242560 | 6.463585 | 1640.114 |
| 9       | -73.242468 | 6.463460 | 1638.513 |
| 10      | -73.242427 | 6.463421 | 1636.512 |
| 11      | -73.242390 | 6.463415 | 1636.285 |
| 12      | -73.242353 | 6.463415 | 1636.060 |
| 13      | -73.242329 | 6.463478 | 1635.610 |
| 14      | -73.242319 | 6.463525 | 1634.647 |
| 15      | -73.242312 | 6.463627 | 1638.625 |
| 16      | -73.242420 | 6.463635 | 1640.430 |
| 17      | -73.242546 | 6.463741 | 1642.055 |
| 18      | -73.242556 | 6.463770 | 1640.878 |

Al realizar dicha localización, los datos del terreno fueron los siguientes:

1. Perímetro= 160.420 m
2. Área= 1111.115 m<sup>2</sup>
3. Volumen sobre el plano= 1048.779 m<sup>3</sup>

4. Volumen bajo el plano= 289.218 m<sup>3</sup>
5. Volumen total= 759.562 m<sup>3</sup>

## Discusión y recomendaciones

El modelo digital de elevaciones, permite realizar mediciones exactas de distancias áreas y volúmenes, así como caracterizar el tipo de terreno con el que se cuenta, sin embargo para la mejora de este proyecto se recomienda que la cámara cuente con un lente de medida gran angular que sobrepase los 94° de visión, y el objetivo de la cámara se encuentre entre 18 y 35 mm, con el propósito de que la toma de fotografías aéreas sea de mayor calidad y se cubra un mayor área al momento de realizar las tomas aéreas. Adicionalmente, se puede implementar como mejora, la utilización de marcas de foto control en los vértices de medición, utilizándose estas como marcas fiducia tomadas con un GPS de alta calidad para disminuir el error.

El método de Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV's), se puede utilizar para la digitalización y modelado tridimensional de monumentos históricos y objetos de grandes medidas, lo cual sería un insumo importante en la generación de recorridos virtuales de zonas poco accesibles.

## Referencias

- Coelho, L., & Nunes, J. (2009). *Fotogrametría digital*. Rio de Janeiro: Universidad del Estado de Rio de Janeiro. Recuperado el 2017 de 10 de Agosto, de [http://www.efoto.eng.uerj.br/images/Documentos/fotogrametria\\_digital\\_revisado.pdf](http://www.efoto.eng.uerj.br/images/Documentos/fotogrametria_digital_revisado.pdf)
- Córdoba, M., Bruno, C., Balzarini, M., & Costa, J. (2012). "Análisis de componentes principales con datos georreferenciados. Una aplicación en agricultura de precisión". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 44(12), pp. 27-39.
- Corredor, J. G. (s.f). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá - Rio Frío*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado el 2 de septiembre de 2017, de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7596>
- Fallas, J. (2007). *Modelos digitales de elevación: teoría, métodos de interpolación y aplicaciones*. Mapealo. Com. Recuperado el 10 de agosto de 2017, de [ftp://200.16.19.97/pub/trabajosfinales/Trabajo%20Final%20MARTINEZ%20GARCIA/Disco%201/09%20-%20Bibliografia/MDE/Modelos%20digitales%20de%20elevacion%20\(Jorge%20Fallas\).pdf](ftp://200.16.19.97/pub/trabajosfinales/Trabajo%20Final%20MARTINEZ%20GARCIA/Disco%201/09%20-%20Bibliografia/MDE/Modelos%20digitales%20de%20elevacion%20(Jorge%20Fallas).pdf)
- Felicesimo, A. (1994). *Modelos digitales del terreno: introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Asturias: Universidad de Oviedo. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>
- Pérez, A. & Mas, J. (2009). "Evaluación de los errores de modelos digitales de elevación obtenidos por cuatro métodos de interpolación". *Investigaciones geográficas*, (69), pp. 53-67. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112009000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200005&lng=es&tlng=es)
- Quispe, O. (2015). "Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone, huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 18(36), pp. 21-26. Recuperado el 15 de agosto de 2017, de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12014/10736>
- Vélez, F., Jordan, E. & Heine, H. (2010). *Fotografía aérea digital de la ciénaga de Ayapel*. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado el 15 de agosto de 2017, de [http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/831/Doc\\_aerofotografias/FOTOGRAFIA\\_AEREA\\_DIGITAL\\_DE\\_LA\\_CIENAGA\\_DE\\_AYAPEL.pdf](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/831/Doc_aerofotografias/FOTOGRAFIA_AEREA_DIGITAL_DE_LA_CIENAGA_DE_AYAPEL.pdf)





# Interacción tridimensional arquitectónica

## *Architectural Three-Dimensional Interaction*

### **DIEGO ALEJANDRO CABEZA M.**

Tecnólogo en desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería  
dacabeza3@misena.edu.co

### **DANIELA CAROLINA ROMERO M.**

Tecnólogo en desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería  
dcromero319@misena.edu.co

### **ENSO CAMILO TORRES G.**

Tecnólogo en desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería  
k\_torres@misena.edu.co

### **BRIAN STEVEN NARANJO N.**

Tecnólogo en desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería  
Centro Agroecológico y Empresarial,  
Fusagasugá-Cundinamarca  
bsnaranjo5@misena.edu.co

### **MILTON JAVIER DUARTE R.**

Cartógrafo e Ingeniero civil  
Instructor SENA  
Centro Agroecológico y Empresarial,  
Desarrollo Gráfico de Proyectos  
de Arquitectura e Ingeniería,  
Fusagasugá-Cundinamarca  
mjduarter@misena.edu.co

### **CARLOS ANDRÉS HERNÁNDEZ O.**

Zootecnista. Especialista en Ambiente y desarrollo local. Magíster en Ciencias ambientales. Instructor SENA  
Centro Agroecológico y Empresarial, Área Ambiental, Fusagasugá-Cundinamarca  
cahernandez909@misena.edu.co

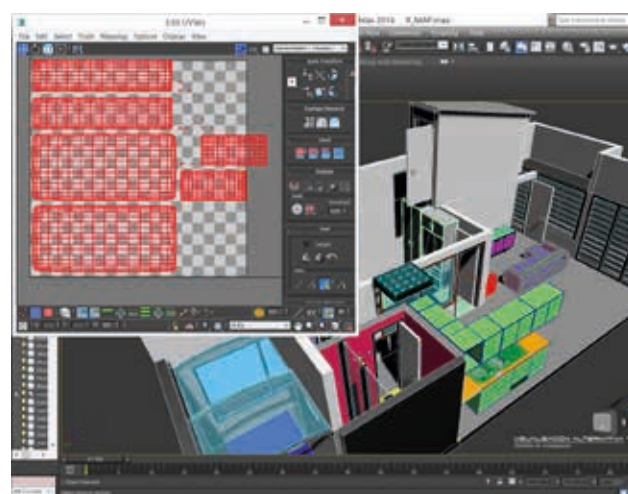
### **ÓSCAR ANDRÉS SOLAQUE**

Ingeniero Electrónico. Especialista en Gerencia para el desarrollo organizacional, Coordinador de grupo de investigación IDICAEF. Líder SENNOVA (SENA)  
Centro Agroecológico y Empresarial, Fusagasugá-Cundinamarca  
osolaque@misena.edu.co

Grupo de investigación IDICAEF  
Desarrollo Tecnológico y de Ingeniería

Fecha de recepción: 15 de julio de 2017  
Fecha de evaluación: 10 de agosto de 2017  
Fecha de aceptación: 28 de agosto de 2017







# Interacción tridimensional arquitectónica

## *Resumen*

En el sector inmobiliario y de la construcción, la forma de previsualizar y presentar los proyectos arquitectónicos, influye directamente en los resultados finales. Sin embargo, se ha evidenciado que los métodos tradicionales de presentación son limitados y generan circunstancialmente inconvenientes con los tiempos, costos de diseño, planeación y ejecución. Mediante la investigación y búsqueda de posibles soluciones, se encuentran una serie de herramientas que son favorables, una de ellas es la implementación y aplicación de realidad virtual que permita interactuar en tiempo real con un modelo arquitectónico. El desarrollo gráfico de un proyecto tarda entre 40 a 60 días, dependiendo del plan de trabajo que se vaya a realizar. Inicialmente, se elaboran los planos constructivos que luego serán exportados a un software de modelado 3d y animación, para finalmente enviar el producto a un Engine (motor de videojuegos), en el cual se ajustaran detalles finales y se configurará dicho producto a la plataforma de realidad virtual por medio de periféricos como sensores y gafas VR, con el fin de realizar una presentación del proyecto de forma más interactiva y dinámica, donde el sujeto estará inmerso y podrá efectuar cambios y ajustes que considere necesarios. Herramienta que dinamizará el proceso de diseño y permitirá personalizar los espacios con una visión en realidad virtual, generando una interacción más idónea y un rol más activo entre el cliente y el producto, convirtiéndose en una innovación de proceso.

Como producto final de este proyecto se obtendrá una plataforma de realidad virtual, aplicada al desarrollo y venta de proyectos arquitectónicos, en la cual el sujeto estará inmerso a través de sus sentidos con la ayuda de gafas VR y el motor de videojuegos o Engine.

*Palabras clave:* realidad virtual, visualización tridimensional arquitectónica, desarrollo gráfico, entornos virtuales.

## *Abstract*

In the real estate and construction sector, the way of pre-visualizing and presenting the architectural projects, have direct influence on the final results. However, it has been shown that traditional methods of presentation are limited and generate circumstantial drawbacks throughout the time, designing costs, planning and execution. By means of research and search for possible solutions, there are some kinds of favorable tools, one of them is the implementation and applying the virtual reality that allows to interact in real time with an architectural model. A project's graphic development takes between 40 and 60 days depending on the workplan to be done. First, constructive plots are made that afterwards will be exported to a 3D model software and animation. Finally, the product is sent to an Engine (videogames engine), where final details will be adjusted and the product will be set up to the platform of

virtual reality by means of output devices such as sensors and VR glasses, to achieve the goal of giving a more interactive and dynamical presentation when the subject will be immersed and necessary changes and adjustments will be allowed. Tool which will invigorate the process of design and will permit to customize the spaces with a virtual reality look, generating a more suitable interaction and a more active role between the client and the product, turning into a process innovation.

Like a final product of this Project, a virtual reality platform will be obtained, applied to the development and architectural project selling, in which the subject will be immersed by means of his senses with the help of VR glasses and the videogame engine.

*Keywords:* Virtual Reality, Architectural Three-Dimensional Visualization, Graphic Development, Virtual Environment..

## Introducción

Desde hace algunos años, el sector de la construcción ha ocupado un lugar importante en el desarrollo social y económico, debido a la creciente necesidad de infraestructura. De hecho, el promedio de crecimiento del sector en los años recientes (2010-2016) ha sido más alto y está en el orden de 6,29% (Hernández., 2017).

Se ha realizado un proceso de adaptación tecnológica debido a que en el sector de la construcción existen algunas deficiencias en cuanto a la presentación gráfica de los proyectos. El método tradicional de imágenes realistas y animaciones que exponen el acabado final, no permite la relación ni la interacción cliente-proyecto, aspecto esencial en el proceso de venta. Para ello, el desarrollo tecnológico ha brindado herramientas de innovación y mejora de procesos. La tecnología al servicio de la realidad gráfica virtual está en plena expansión a través de múltiples aplicaciones emergentes (Puyuelo Cazorla, Val Fiel,

Higón Calvet, & Merino Sanjuán, 2015), como es el caso de la Realidad Virtual (VR), que se ha convertido en un mecanismo fundamental por sus aportes a los diferentes campos de los sectores productivos. Esto se ha podido evidenciar con el uso en la medicina a través de la simulación de cirugías; y en la industria para reducir riesgos laborales con la representación virtual en el manejo de herramientas y maquinarias. Las aplicaciones más comunes se han dirigido a campos como el entretenimiento y la cultura, los cuales brindan una experiencia sensorial de realismo, el primero en videojuegos o cinema; y el segundo en representaciones y recorridos virtuales de lugares emblemáticos e históricos.

El proyecto tiene como objetivo la aplicación de la realidad virtual en la presentación de proyectos arquitectónicos, ya que ofrece un sinfín de posibilidades y beneficios que le permitirán al cliente estar dentro de un entorno simulado generado a partir de sistemas tecnológicos, esto le posibilitará visualizar y desplazarse por espacios antes de ser construidos, así como realizar los cambios que considere necesarios. Adicionalmente, al estar inmerso en un proyecto y tener la percepción del espacio, se podrán identificar y corregir posibles errores estructurales, lo cual mejorará el proceso de diseño y disminuirá costos y tiempo durante la ejecución.

La finalidad de este artículo es dar a conocer los conceptos básicos, métodos, materiales y resultados de la investigación, aplicada al desarrollo de una plataforma que permite una presentación arquitectónica más interactiva y dinámica; y enfocada al sector inmobiliario mediante la aplicación de la realidad virtual.

## Marco teórico

El diseño y la forma en que se presentan los proyectos arquitectónicos es fundamental, ya que de esto depende la relación del cliente con un proyecto esta-



blecido. Los métodos que se vienen empleando para la representación gráfica de dichos modelos, son útiles, pero no tan eficientes. Generan una limitación en cuanto a la percepción que se debería tener con los espacios siendo poco interactivos y dinámicos. Estos métodos han tenido un proceso de evolución, pasando por formatos como el boceto y planos dibujados a mano alzada, hasta la implementación de las metodologías CAD (dibujo asistido por computador) y BIM (el modelado de información de construcción) las cuales son la base para la producción de imágenes realistas y animaciones, con la que se presentan tradicionalmente los proyectos arquitectónicos.

Es necesario que se adopten las nuevas tecnologías, si bien, la forma en que las personas percibimos el espacio que nos rodea tiene múltiples facetas enraizadas en la psicología de la percepción (Hernandez, Taibo, Seoane, & Alberto, 2011). Una visión generada a partir de la realidad virtual, permitiría mejorar la relación que se tiene con un entorno o lugar determinado, esto comparado con modelos 2D e incluso 3D proyectados en una pantalla plana.

La realidad virtual se constituye como una de las herramientas de experiencia sensorial con mayor potencial en casi cualquier área de aplicación. No se puede hablar de un concepto universal o específico debido a las varias interpretaciones que se le han dado. Sus fundamentos y principios básicos tienen origen hacia los años sesenta, cuando el investigador Ivan Sutherland hace referencia a la realidad virtual definiendo en uno de sus artículos titulado *The ultimate display* que “La pantalla es una ventana a través de la cual cada uno ve un mundo virtual. El desafío es hacer que ese mundo se vea real, actúe de un modo real, suene de un modo real, se perciba como real” (Sutherland, 1965).

La evolución que ha tenido esta tecnología ha sido tan significativa, que la ha convertido en una herramienta esencial en los procesos de innovación y transformación. A través de ella, se experimenta una visión diferente, en la que los sentidos son estimulados por medio de un mundo virtual para finalmente generar una interacción en tiempo real.

## Materiales y métodos

Con base en la investigación realizada, se evidenció la ausencia de una metodología que establezca el desarrollo de entornos virtuales, haciendo uso de la realidad virtual. Por este motivo, se propuso un plan de trabajo, en el cual se programó una serie de actividades que fueron desarrolladas por etapas y que determinaron la plena ejecución del proyecto.

### Fase de diseño

Inicialmente, fueron elaborados los planos constructivos mediante el uso de la metodología CAD (dibujo asistido por computadora), los cuales debían cumplir con las características y requerimientos necesarios, para evitar fallas e inconvenientes durante la ejecución de las etapas posteriores, teniendo en cuenta que la unidad de medida con la que se debía trabajar, sería la misma en las diferentes plataformas (Figura 1).

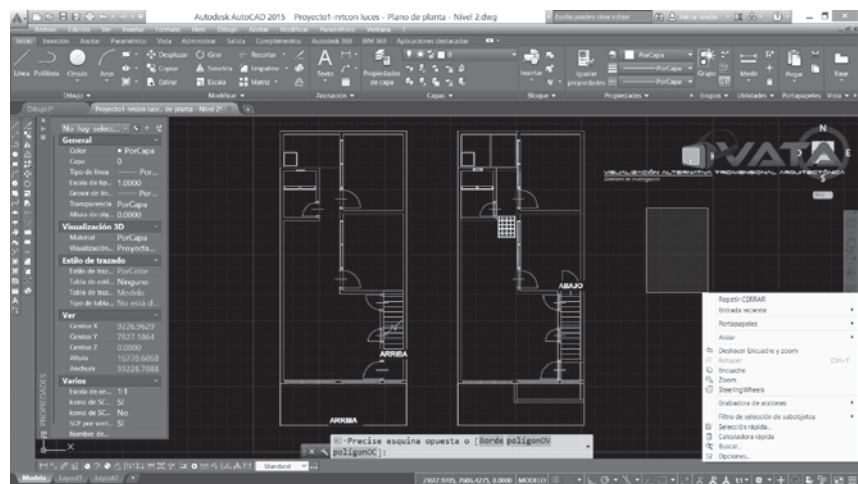
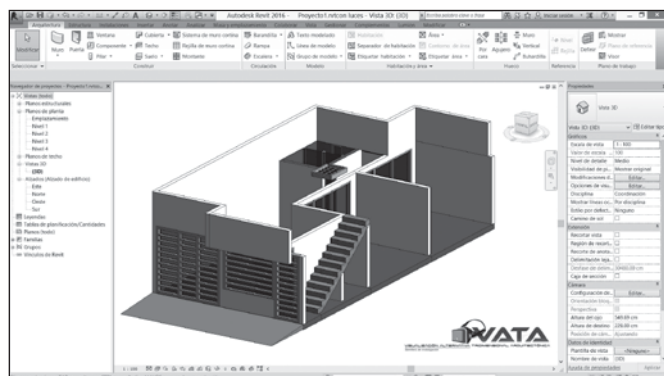


Figura 1. Elaboración de planos constructivos en AutoCAD.

Fuente: los autores.

## Fase de modelado

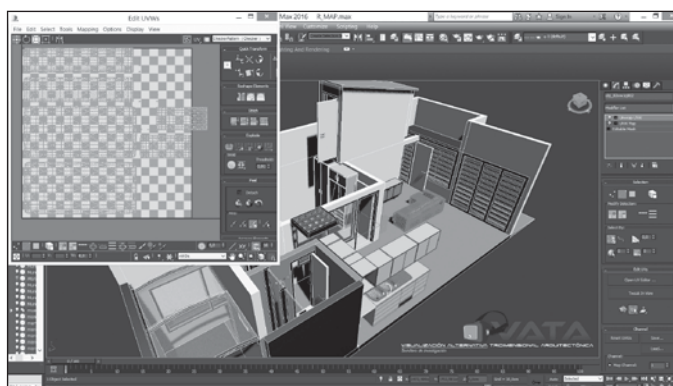
Una vez culminada la fase de diseño 2d, se consideraron las diferentes herramientas que permiten llevar a cabo un modelado tridimensional, concluyendo que el programa más adecuado, que generaría un mejor desempeño, sería Revit, el cual implementa la metodología BIM, considerada paradigma del dibujo en tercera dimensión (Figura 2).



**Figura 2.** Modelado tridimensional en Revit.  
**Fuente:** los autores.

Asimismo, finalizada la etapa de modelado, se determinó que el mapeado y texturizado, es un paso indispensable que influye directamente en la desarrollo final del producto, por ello fue necesario trabajar el modelado desde un software como 3ds Max, el cual nos permitió asignar las siguientes características; UVW Mapping que es la manera en que una textura debe ser desplegada sobre un objeto y UVW Uwrapping que es básicamente desenvolver (wrap = envolver y un-wrap = desenvolver) la geometría, estirándola sobre un plano, y presentándola de manera simple (Eje zeta, 2014) (Figura 3).

Aspectos que dieron paso a la exportación del proyecto a un motor gráfico, teniendo a disposición Unity o Unreal Engine 4, considerados como uno de los mejores, por sus múltiples ventajas y uso libre.



**Figura 3.** Asignación de UVW Uwrapping.  
**Fuente:** los autores.

## Fase de desarrollo del entorno virtual

Analizando el contexto y los beneficios que ofrecen cada uno de los motores gráficos, se implementó Unreal engine, software gamer que cuenta con capacidades graficas avanzadas, en las que se incluyen iluminación dinámica y sistemas de partículas. Convirtiendo esta herramienta en uno de los motores más potentes.

El trabajo en el engine es el desarrollo del entorno virtual, para ello, fueron importados los modelos 3d con las propiedades aplicadas en 3ds Max. Se asignó una colisión a cada uno de los elementos, dando paso a la etapa de materialización, en donde se controla la apariencia visual de la escena. Del mismo modo, se incorporaron los mobiliarios y se ajustaron los detalles que dieron el aspecto realista al modelo (Figura 4).

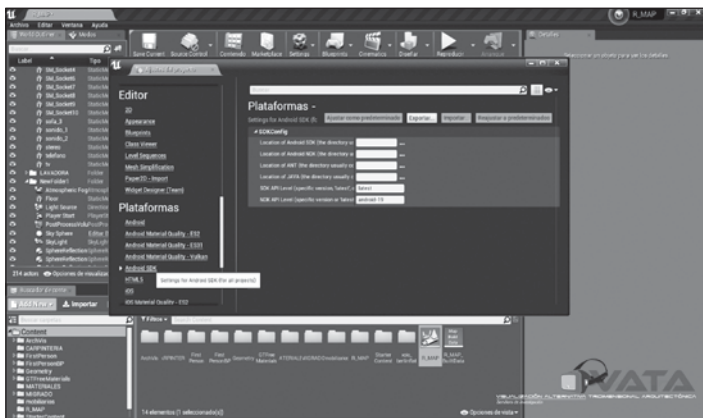


**Figura 4.** Etapa de materialización y detalles.  
**Fuente:** los autores.

El proceso de mayor importancia y que definió la calidad del proyecto fue el sistema de iluminación, allí se adecuaron los parámetros correspondientes y se realizaron los cálculos, que establecieron una correcta interacción con los materiales de cada uno de los elementos, esto permitió la óptima visualización del entorno virtual.

### Fase de implementación de realidad virtual

Existen varios sistemas tecnológicos que permiten la visualización de realidad virtual, si este maneja un sistema operativo Android, es necesario descargar un código de trabajo, denominado SDK, que permite adaptar el proyecto a una versión móvil (Figura 5). Del mismo modo, si se utilizan unas gafas de realidad virtual con pantalla integrada, se debe activar el plugin, el cual se encuentra en la ventana de edición. Se debe reiniciar el archivo para que este se active. Una vez activado e instalado el plugin y el código SDK, deben realizarse las conexiones correspondientes para iniciar la transmisión de datos.



**Figura 5.** Instalación del código de trabajo Android SDK.  
**Fuente:** los autores.

En este caso, se desarrolló una prueba inicial, en la que se adaptó el proyecto al sistema operativo Android. Con esto se comprobó el buen funcionamiento de la plataforma, alcanzando parte del objetivo principal, de generar una interacción en tiempo real con un proyecto arquitectónico (Figura 6).



**Figura 6.** Adaptación del proyecto a la plataforma de realidad virtual. **Fuente:** los autores.

### Discusión de resultados y conclusiones parciales

Durante el proceso de ejecución se identificaron aspectos importantes que influyeron en el buen desarrollo del proyecto; la creación de entornos virtuales a partir de un motor gráfico, genera un alto consumo de recursos informáticos, debido a ello, es importante contar con un equipo de alto rendimiento que brinde prestaciones avanzadas en cuanto a procesador y tarjeta gráfica.

Por otra parte, manejar la misma unidad de medida en las diferentes plataformas, evitará que se presenten fallas e inconvenientes en la escala del modelo 3d, para este caso en particular, se deben manejar centímetros, puesto que, es la unidad estándar utilizada por el motor gráfico. Asimismo, es recomendable importar los elementos que conforman el modelo de manera individual, ya que en caso de presentarse algún error, no será necesario importar el modelado completamente, de ahí la importancia de trabajar directamente el programa 3ds Max porque permite asignar una serie de características, minimizando errores en mapeado y texturizado al no generar polígonos innecesarios en su malla estática en comparación con Revit.

De acuerdo a lo anterior, si se cuenta con los recursos tecnológicos y se realiza una correcta aplicación de los mismos, la realidad virtual permitirá estar inmerso en un entorno simulado, lo que mejorará notablemente la relación que se tiene con los espacios, por el modo en que se perciben, enriqueciendo la experiencia sensorial del usuario y estableciéndose como una práctica herramienta tanto para el diseño como para la venta de este tipo de proyectos.

Puyuelo, M., Val, M., Higón, J., & Merino, L. (2015). "De la representación a la experiencia. Realidad aumentada para la interpretación del patrimonio monumental de la lonja de valencia". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, pp. 180-189.

Quintero, C. D., Sierra, E. L., & Sarmiento, W. J. (Junio de 2008). "Diseño de un prototipo de sistema de realidad virtual inmersivo simplificado". *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.

Sutherland, I. E. (1965). "The Ultimate Display". *CiteSeer*.

## Referencias

Álvarez, A., Castillo, M., Pizarro, J., & Espinoza, E. (2017). "Realidad Aumentada como Apoyo a la Formación de Ingenieros Industriales". *Scielo*.

Chan, C.-S. (Abril de 1997). "Virtual Reality in Architectural Design". *ResearchGate*.

Eje zeta. (13 de Julio de 2014). Obtenido de <http://www.ejezeta.cl/2014/07/13/tutorial-introduccion-al-unwrap-uvw/>

Flores, J. A., Camarena, P., & Avalos, E. (2015). "La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería". *Redalyc*.

Giraldo, A. F. (2011). "Realidad virtual: análisis del marco teórico para explorar nuevos modelos de comunicación". *Scielo*.

Gubern, R. (1996). *Del bisonte a la realidad virtual*. Barcelona: ANAGRAMA.

Hernandez, L., Taibo, J., Seoane, A., & Alberto, J. (2011). "La percepción del espacio en la visualización de arquitectura mediante realidad virtual inmersiva". *EGA Expresión gráfica arquitectónica*, pp. 252-261.

Hernández, R. L. (27 de Enero de 2017). "Construcción se mantiene como un jalonador del crecimiento económico". *El Herald*.

Levis, D. (2006). *¿Qué es la realidad virtual?*

Mateus, S., & Giraldo, J. E. (2012). "Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con Realidad Virtual". *Scielo*.



# Evaluación del comportamiento mecánico de una puerta alemana diseñada con resina poliéster reforzada con fibra de vidrio

*Evaluation of the Mechanical Behavior of a German Door Designed With Polyester Resin Reinforced with Fiberglass*

## NAIRO JULIAN RODRÍGUEZ B.

Magíster en Ingeniería Mecánica  
Ingeniero Electromecánico  
Línea de Investigación en Análisis de falla, gestión de mantenimiento, confiabilidad de procesos y productos, mantenimiento predictivo, eficiencia energética  
Grupo de Investigación Centro Minero, GICEMIN  
narodriguezb@sena.edu.co

## BUENAVENTURA ROJAS M.

Magíster en Geotecnia  
Ingeniero en Minas UPTC  
Instructor de Minería Centro Minero Morca  
Grupo de Investigación Centro Minero, GICEMIN  
burojasm@sena.edu.co

## JOHAN ARLEY ATUESTA SICACHA

Aprendiz  
Tecnólogo en supervisión de Labores Mineras - SENA  
Centro Minero Morca Sogamoso Regional Boyacá  
brandrey9607@gmail.com

## ANGIE PAOLA RIVERA MORENO

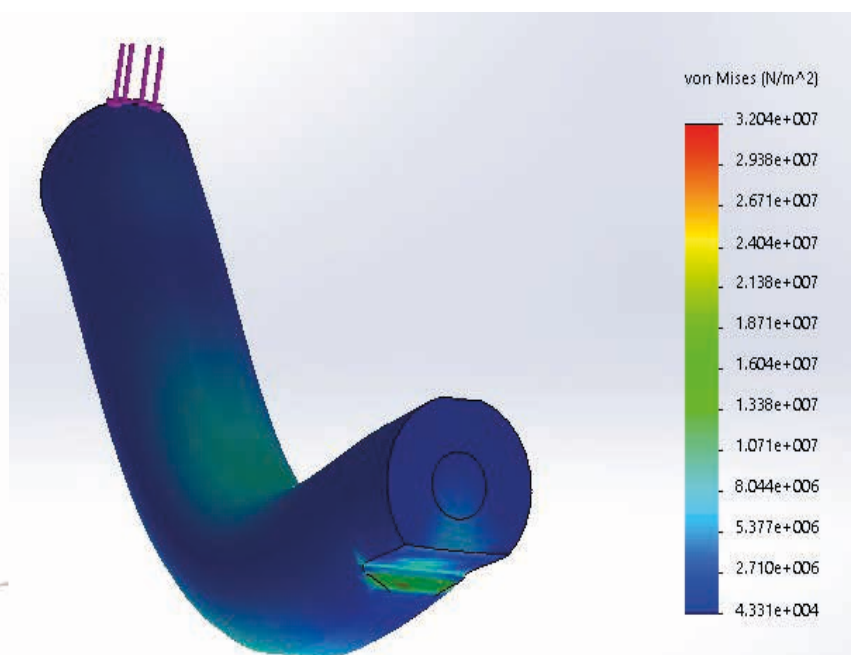
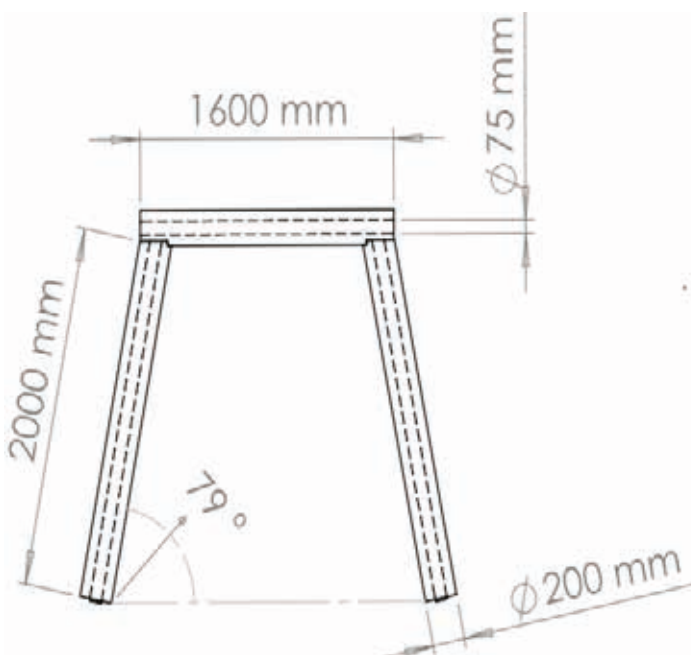
Aprendiz  
Tecnólogo en supervisión de Labores Mineras - SENA  
Centro Minero Morca Sogamoso Regional Boyacá  
apravera34@misena.edu.co

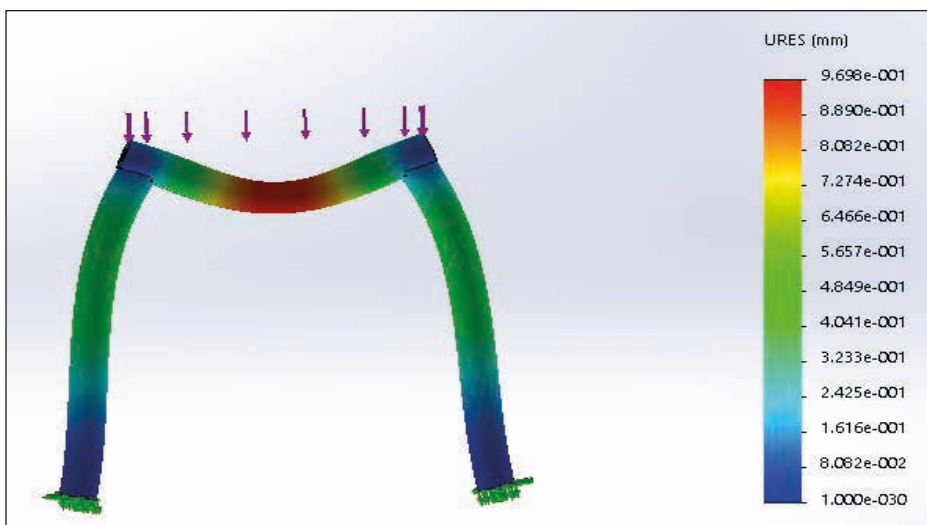
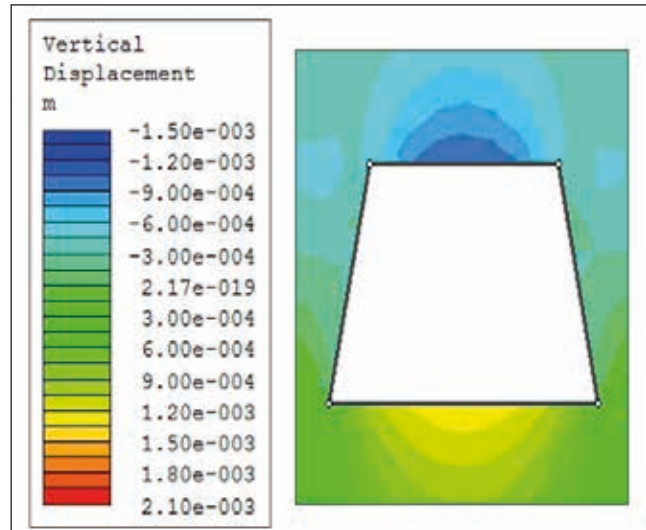
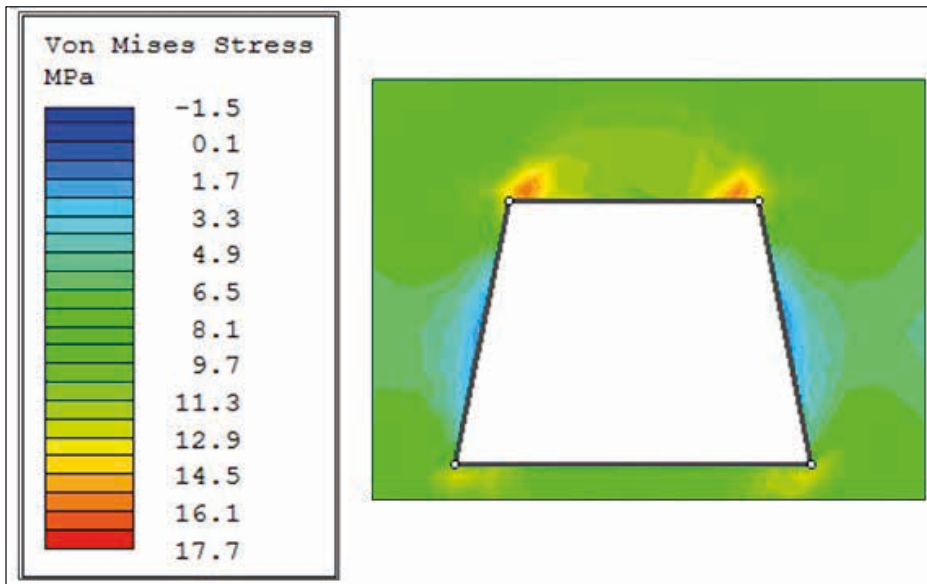
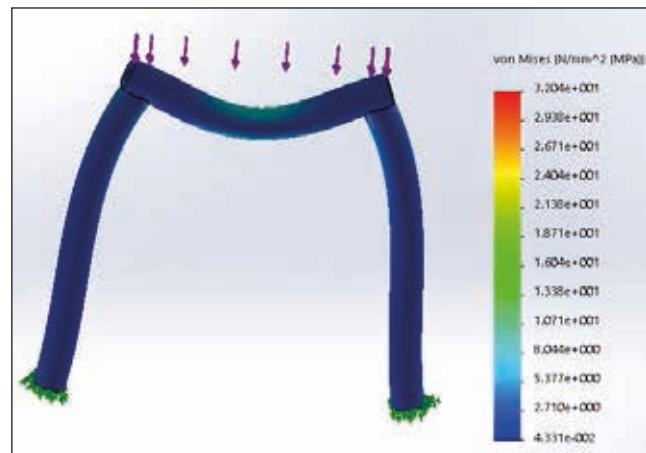
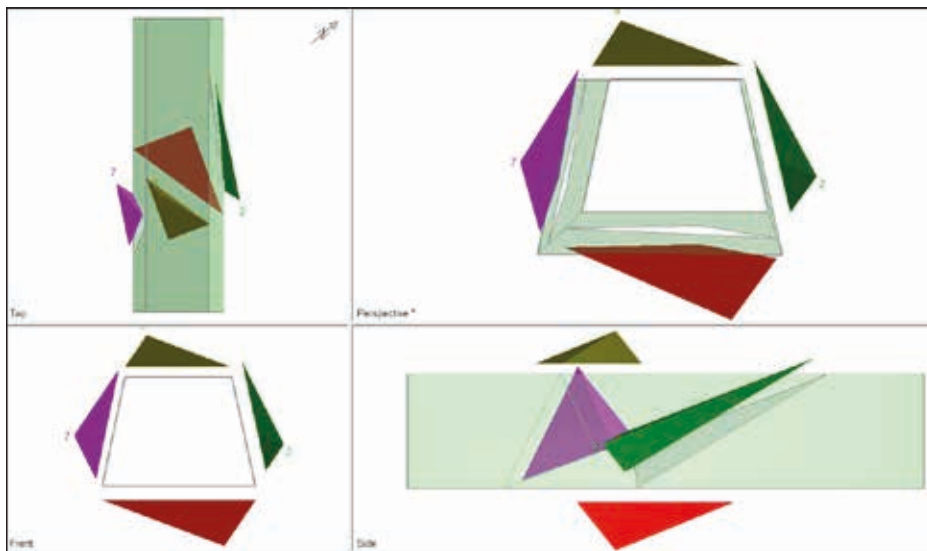
Este artículo es producto de una investigación que se encuentra en curso desde el 21 febrero de 2017, está financiado por SENNOVA y lo ejecuta GICEMIN (Grupo de Investigación del Centro Minero).

Fecha de recepción: 5 de julio de 2017

Fecha de evaluación: 3 de agosto de 2017

Fecha de aceptación: 18 de agosto de 2017





# Evaluación del comportamiento mecánico de una puerta alemana diseñada con resina poliéster reforzada con fibra de vidrio

## *Resumen*

El objetivo de esta investigación se centró en la evaluación del comportamiento mecánico de una puerta alemana diseñada a base de polímeros reforzados con fibra de vidrio para minería subterránea de carbón. Las condiciones geométricas de la puerta se limitaron según el Decreto 1886 (Ministerio de Minas y Energía, 2015) en el cual se establece que las dimensiones del sostenimiento debe garantizar un área de trabajo de 3m<sup>2</sup>. Las cargas a las que se sometieron los elementos de sostenimiento se definieron bajo una caracterización geomecánica de tres estratos Arcillolita, Limolita y Carbón en la mina didáctica del Centro Minero, Regional Boyacá, la cual determinó la carga de la bóveda, calculada por la teoría de Terzaghi (Muñoz & William, 2009). El material con el que se diseñó la puerta alemana fue una resina poliéster caracterizada en la base de datos del *software* de modelamiento de elementos finitos (Steven, Donaldson & Miracle, 2001). El *software* de elementos finitos permitió evaluar el comportamiento a carga y desplazamiento de los elementos de sostenimiento (capiz y palanca), se modelaron los elementos para armar un prototipo de puerta alemana con resina poliéster reforzada fibra de vidrio.

La configuración geométrica de la puerta alemana permitió analizar el comportamiento a flexión del capiz y el comportamiento a compresión de las palancas, cabe aclarar que el modelado en finitos se limitó a un análisis isotrópico de esfuerzos. El análisis de los resultados se centró en correlacionar los estudios en elementos finitos, con los ensayos a falla de las probetas del capiz de una puerta alemana, con el fin de aceptar o rechazar la siguiente hipótesis: “El comportamiento de los elementos de sostenimiento fabricados con polímeros reforzados con fibra de vidrio, es el adecuado para soportar las cargas generadas por el macizo rocoso”.

*Palabras clave:* sostenimiento, polímero, minería, capiz, palanca.

## *Abstract*

The objective of this research was to evaluate the mechanical behavior of a German door designed with glass fiber reinforced polymers for underground coal mining. The

geometric conditions of the door were limited according to the decree 1886 (Ministerio de Minas y Energía, 2015) in the which states that the dimensions of the support must guarantee a work area of 3m<sup>2</sup>. The loads to which the support elements were subjected were defined under a geomechanical characterization of three strata arcillolita, limolita and carbon in the didactic mine of the center regional mining company Boyacá, which determined the loading of the vault, calculated by the terzaghi theory (Muñoz, & William, 2009). The material with which the German door was designed was a polyester resin characterized in the database of finite element modeling software (Steven, Donaldson, & Miracle, 2001). The software of finite elements allowed to evaluate the behavior to load and displacement of the elements of support (capiz and lever), the elements were modeled to assemble a prototype of German door with polyester resin reinforced with steel core.

The geometric configuration of the German gate allowed the analysis of the flexural behavior of the capiz and the compression behavior of the levers, it should be clarified that the finite modeling was limited to an isotropic analysis of stresses. The analysis of the results was focused on correlating the finite element studies with the failure tests of the Capiz specimens of a German door, in order to accept or reject the following hypothesis: "The behavior of fabricated support elements with reinforced polymers is adequate to withstand the loads generated by the rocky massif".

*Keywords:* Sustainability Elements, Polymer, Underground Mining, Capiz, Lever, Finite Elements, German Gate.

## Introducción

En el año 2015 ocurrieron 46 accidentes atendidos por el Grupo de Seguridad y Salvamento Minero de la Agencia Nacional de Minería (ANM), en los que fallecieron 60 personas. En la última década se han registrado casi 1.000 fallecimientos en 795 emergencias, con estas cifras es fácil concluir que la muerte se insta-

ló como un riesgo latente en buena parte de la actividad minera que se realiza en el país, en gran parte por falta de condiciones de seguridad, una inadecuada elección y vigilancia de los elementos de sostenimiento y otros factores relacionados a la operación minera.

Las difíciles condiciones ambientales que presentan las minas bajo tierra (humedad, altas temperaturas y presencia de elementos corrosivos), provocan en la madera un rápido estado de descomposición y putrefacción, generando gases tóxicos que incrementan los riesgos de accidentalidad para los trabajadores. Adicionalmente, la putrefacción de la madera disminuye la vida útil del sostenimiento y aumenta la frecuencia de requerimientos de renovación del mismo, incrementando los costos de producción en este tipo negocio. Otra de las problemáticas asociadas a la utilización de madera para el sostenimiento en minería, es la relacionada con el impacto ambiental ya que la zona de Boyacá prolifera el eucalipto, como principal tipo de madera utilizada para el sostenimiento, esto ha fomentado la erosión de las rocas y suelos aledaños a las labores mineras.

Debido a lo anterior, se planteó diseñar un elemento de sostenimiento basado en polímero reforzado que pueda reemplazar el uso de la madera para el sostenimiento en minería.

Existen estudios de las estructuras principales de sostenimiento usadas en la minería de carbón, en los que se han caracterizado variables geométricas de la estructura, de las cuales concluyeron que solo dos influyen en el comportamiento mecánico de la estructura, el diámetro, el ángulo y su interacción (Bolívar, Triviño & Mauricio, 2015). Sin embargo, no existe una caracterización completa del comportamiento mecánico de una puerta alemana fabricada con polímero reforzado. Por esta razón, se diseñó una estructura de sostenimiento y se identificó un material polimérico, que brinda una mejor resistencia a las presiones mineras, mejorando las condiciones de seguridad en la minería tradicional.



## Metodología

Para evaluar el comportamiento mecánico de una puerta alemana diseñada con material polimérico, se acudió en primera instancia a la caracterización geomecánica de tres estratos de la mina didáctica del SENA Centro Minero, con el fin de obtener las cargas en la bóveda, luego se fabricaron unas probetas a escala del capiz de una puerta alemana con el fin de fallarlas y encontrar sus esfuerzos máximos, además se modeló en un *software* de elementos finitos la puerta alemana, bajo las condiciones de carga y teniendo en cuenta las propiedades mecánicas caracterizada de los materiales.

### Caracterización geomecánica

Mediante la clasificación geomecánica de roca en las áreas subterráneas de la mina, se estableció el comportamiento mecánico del macizo rocoso, lo cual permitió conocer las cargas que soporta el sostenimiento.

Para caracterizar el área donde se utiliza el sostenimiento, se estimó el valor de la presión en el aula, allí se identificaron los materiales rocosos carbón, limolita y arcillolita; a través de procedimientos en laboratorio se establecieron sus densidades (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Propiedades físicas de los materiales rocosos -SENNOVA. **Fuente:** los autores.

| Roca        | Volumen<br>(cm <sup>3</sup> ) | Masa<br>(g) | Densidad<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------|-------------------------------|-------------|----------------------------------|
| Limolita    | 22                            | 59.42       | 2.68                             |
| Carbón      | 25                            | 35.23       | 1.41                             |
| Arcillolita | 22                            | 59.42       | 2.54                             |

### Cálculo de la presión minera en el aula

Con los resultados obtenidos de densidades, se utilizó la teoría de Terzagui la cual plantea el arqueo y deslizamientos de los bloques sobre el techo del túnel,

donde se genera un área en forma de domo parabólico que descansa sobre las paredes laterales del túnel (ver Figura 1).

Conocida la altura la bóveda, se delimitaron dos zonas con distinto comportamiento: por encima de la parábola el terreno quedará sustentado por un “efecto arco”, mientras que el terreno situado por debajo de la parábola cargará directamente sobre el sostenimiento (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Una vez se desarrollaron los cálculos bajo la teoría de Terzaghi, se obtuvieron las cargas y presiones verticales de los materiales rocosos (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Resultado del cálculo de carga y presión vertical. **Fuente:** los autores.

| Carga y presión vertical |             |                               |
|--------------------------|-------------|-------------------------------|
| Roca                     | Carga (ton) | Presión (ton/m <sup>2</sup> ) |
| Limolita                 | 17.5741     | 8.174                         |
| Arcillolita              | 14.688      | 6.831                         |
| Carbón                   | 9.246       | 4.3                           |

La presión y carga vertical fue definida para la bóveda con una altura específica, sin embargo, existen bloques susceptibles al desprendimiento los cuales reposan sobre los elementos de sostenimiento; para caracterizarlos se realizó un levantamiento de discontinuidades que permitió identificar las cuñas presentes en el aula.

### Levantamiento de las discontinuidades

El levantamiento de discontinuidades se realizó con el fin de calcular la presión generada a la periferia de la excavación. Se realizó la toma de 71 discontinuidades, allí se identificaron tres familias con características de orientación, espaciado, persistencia, rugosidad, abertura, relleno, filtraciones y resistencia de las paredes. Algunas de estas características determinaron el comportamiento a la resistencia de los planos

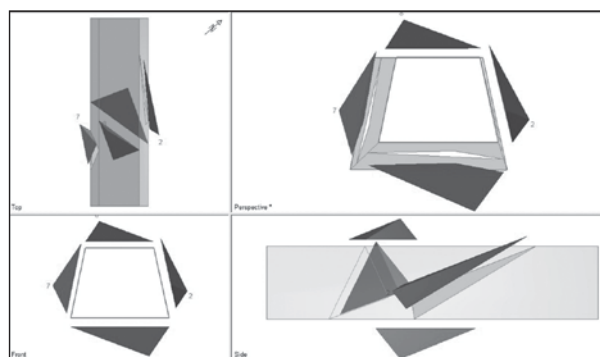
de discontinuidad (De Vallejo, Ferrer & Ortuño, 2011), como la rugosidad y la orientación.

Se tomó la medida de la orientación con ayuda de una brújula, en el techo, paredes de la galería y en el aula, en los estratos de roca limolita, arcillolita y carbón, edificando los planos preferenciales (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Identificación de discontinuidades en el aula galería 1. **Fuente:** los autores.

| Familia de discontinuidades | Dip | Dip Direction |
|-----------------------------|-----|---------------|
| J-1                         | 76  | 346           |
| J-2                         | 70  | 200           |
| J-3                         | 22  | 109           |

El análisis estereográfico arrojó tres familias de discontinuidades que sirvieron como datos de entrada para el modelamiento de las cuñas, en el aula con dirección N50°W y una inclinación promedio de 7° (ver Figura 1).



**Figura 1.** Análisis de las cuñas. Intercepción de planos de discontinuidad en el aula Minera. **Fuente:** los autores.

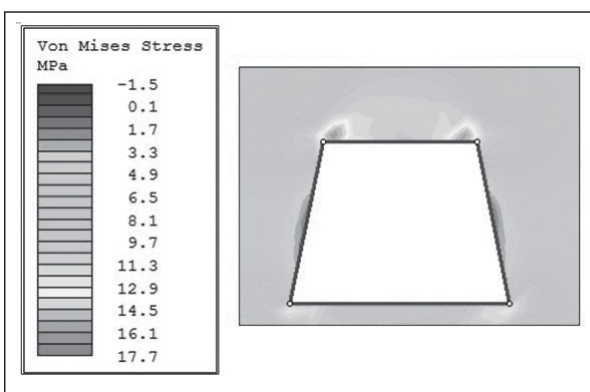
El modelamiento arrojó como resultado las características geométricas y físicas de las cuñas, registrando el valor del Factor de Seguridad FS para cada cuña (ver Tabla 4).

**Tabla 4.** Caracterización de las cuñas. **Fuente:** los autores.

| Cuñas           | Ubicación       | Vol (m <sup>3</sup> ) | Peso (ton) | FS      |
|-----------------|-----------------|-----------------------|------------|---------|
| Cuña N°8 Café   | Techo           | 0.095                 | 0.256      | 0       |
| Cuña N°2 Verde  | Pared Derecha   | 0.062                 | 0.168      | 68.56   |
| Cuña N°7 Morado | Pared Izquierda | 0.090                 | 0.243      | 28.52   |
| Cuña N°1 Rojo   | Piso            | 0.281                 | 0.758      | Estable |

Para determinar los posibles desplazamientos y convergencias que pueda sufrir la excavación a la periferia de la misma, se realiza una modelación de la excavación a fin de determinar las áreas sometidas a tracción y compresión (Ricaurte, D. 2015). Para este análisis se resalta la forma y el área excavada en configuración trapezoidal con un área libre de 3.3 m<sup>2</sup>, cumpliendo los requerimientos del Decreto 1886 del 21 de septiembre 2015.

Se identifican las áreas de desprendimiento evidenciando que el potencial de mayor convergencia o falla se encuentra ubicado en el techo de la excavación generando áreas con concentración de esfuerzos, las cuales aparecen en contorno rojo con valores hasta de 17.7 MPa (ver Figura 2).



**Figura 2.** Análisis del esfuerzo. Mayor esfuerzo principal en la periferia de la excavación. **Fuente:** los autores.

### Ensayos de flexión

Se sometieron 30 probetas a falla por flexión (ver Foto 1 y Foto 2), simulando cargas sobre el capiz por desprendimiento de cuñas y sobre carga.

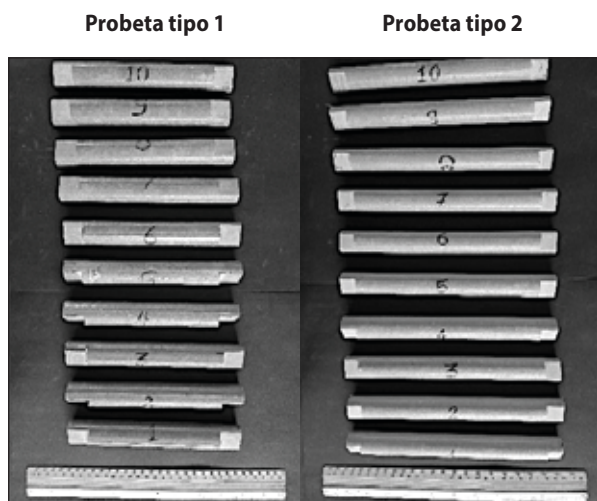


Foto 1. Probetas de capiz a escala.  
Fuente: los autores.



Foto 2. Montaje de prueba a flexión. Ensayo a flexión.  
Fuente: los autores.

### Modelamiento en elementos finitos

Se realizó el modelamiento en elementos finitos con el fin de evaluar la resistencia mecánica de una puerta alemana utilizada en minería subterránea. Se sabe que la resistencia a la compresión y a la flexión es afectada directamente por el tipo de material con el que se fabrican los elementos de sostenimiento.

Se caracterizó un material polímero reforzado con fibra de vidrio.

El modelamiento en elementos finitos se desarrolló teniendo como base, la geometría de una puerta alemana (ver Figura 3 y Tabla 5), para controlar las variables que podrían intervenir en los resultados, se manejó una configuración fija tanto en diámetros, longitudes, tipo de empalme, ángulos, etc. La carga aplicada sobre la puerta alemana está sustentada por la caracterización geomecánica de la bóveda de carga.

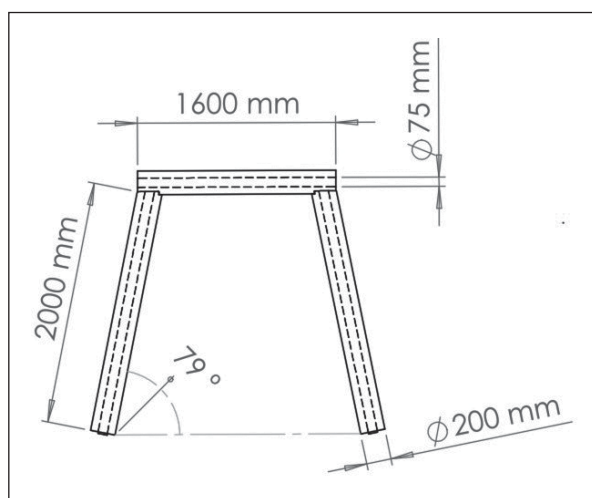


Figura 3. Geometría puerta alemana. Dimensiones Capiz, Palanca. Fuente: los autores.

Tabla 5. Propiedades geométricas de la puerta alemana.  
Fuente: los autores.

| Elemento de sostenimiento | Diámetro Mm | Longitud Mm | Empalme  |
|---------------------------|-------------|-------------|----------|
| Capiz                     | 200         | 1.600       | Sencillo |
| Palanca                   | 200         | 2.000       | sencillo |

#### • *Análisis estático de esfuerzo sobre la puerta alemana*

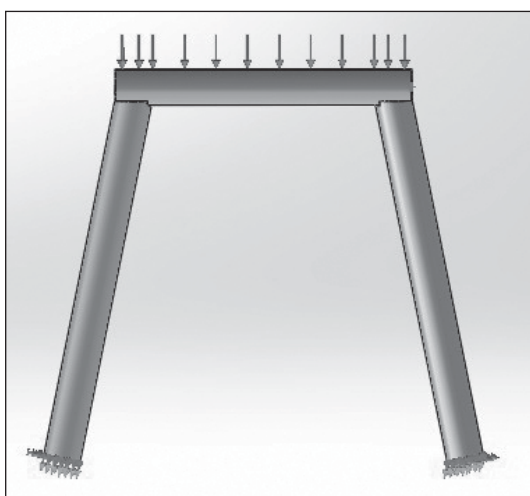
El estudio estático se realizó en la puerta alemana, teniendo como referencia los materiales, las condiciones geométricas y la carga. La simulación se realizó sometiendo a la puerta a una carga de 10 ton.

El análisis estático se realizó teniendo en cuenta las propiedades de los materiales, en este caso la resina poliéster (ver Tabla 6).

**Tabla 6.** Propiedades fisicomecánicas resina poliéster.  
**Fuente:** los autores.

| RESINA POLIESTER       |        |                   |
|------------------------|--------|-------------------|
| Propiedad              | Valor  | Unidades          |
| Módulo elástico        | 10.200 | N/mm <sup>2</sup> |
| Coeficiente de Poisson | 0.35   | N/D               |
| Módulo cortante        | 2.896  | N/mm <sup>2</sup> |
| Densidad de masa       | 1.160  | kg/m <sup>3</sup> |
| Límite de tracción     | 190    | N/mm <sup>2</sup> |
| Límite de compresión   | 230    | N/mm <sup>2</sup> |

Con las propiedades de los materiales asignadas a los elementos de sostenimiento, se configuraron las relaciones de contacto entre el capiz y las palancas, se aplicaron las sujeciones en las caras de soporte de las palancas, así como la carga de 10 toneladas sobre el capiz (ver Figura 4).

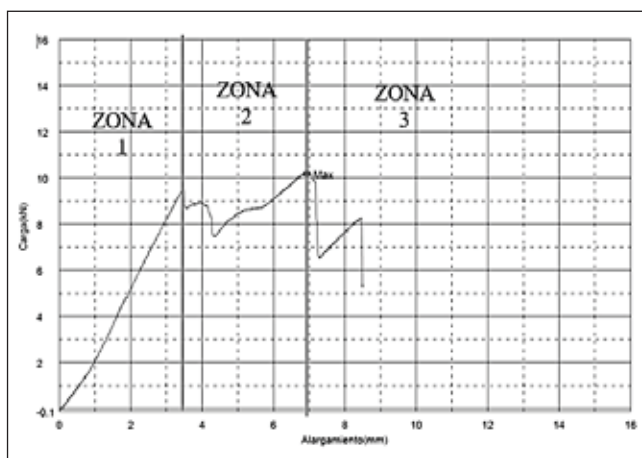


**Figura 4.** Condiciones de simulación.  
Relaciones de contacto, sujeciones y cargas.  
**Fuente:** los autores.

## Resultados

### Pruebas de falla a flexión

El comportamiento del 40% de las probetas tipo 1 poliméricas reforzadas con fibra de vidrio, presentan un comportamiento de falla similar al evidenciado en la Figura 5. En la gráfica se aprecian tres zonas de comportamiento de las probetas, en la primera zona, se observa cómo el esfuerzo aumenta de forma lineal a medida que la relación entre deformación y carga incrementa; en la segunda zona, la probeta entra en falla, sin embargo, se aprecia un comportamiento de endurecimiento del material, aumentando su capacidad de soportar más esfuerzo, llegando al punto máximo de esfuerzo; en la tercera zona, las probetas pierden su capacidad estructural y entran en estado total de falla.



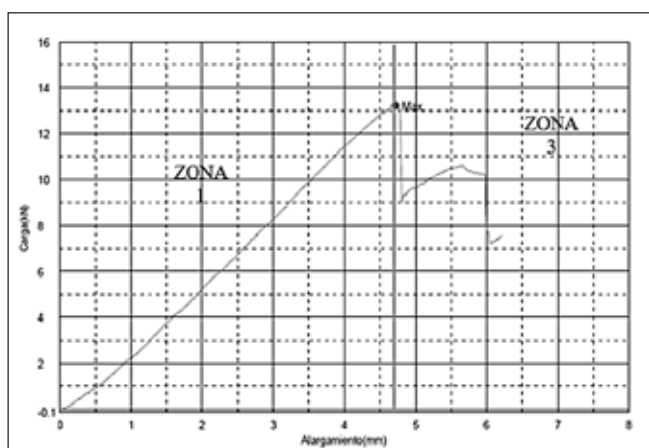
**Figura 5.** Comportamiento de falla del 40% de las probetas tipo 1. Tres zonas de comportamiento.  
**Fuente:** los autores.

El 60% de las probetas tipo 1 tienen un comportamiento de falla súbito, no se registra zona de endurecimiento, pasa de la zona 1 a la zona 3 (ver Figura 6).

En la Tabla 7 se resume los resultados de esfuerzo máximo del material.

En la Figura 7 se observa que el comportamiento del valor máximo de esfuerzo está ajustado a la línea de tendencia de las pruebas, lo que da garantía de que los datos son representativos y no hay dispersión alta.

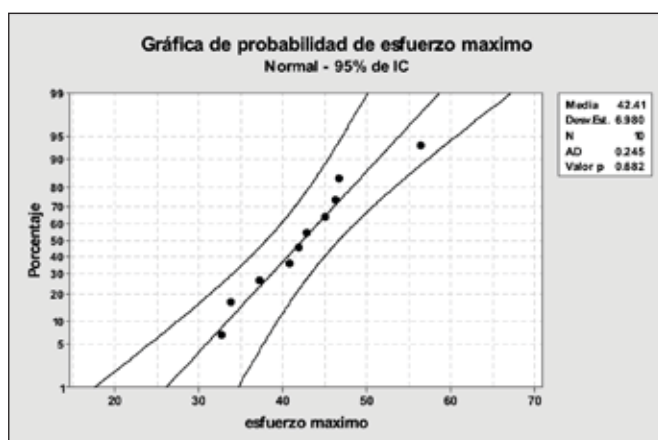




**Figura 6.** Comportamiento de falla del 60% las probetas tipo 1. Dos zonas de comportamiento.  
**Fuente:** los autores.

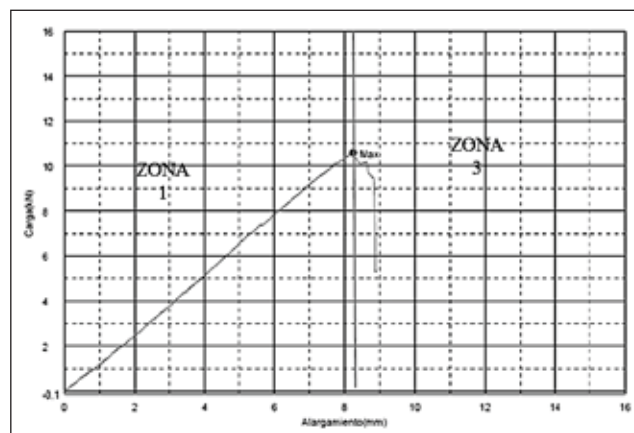
**Tabla 7.** Resultado de esfuerzo máximo de flexión probetas tipo 1.  
**Fuente:** Laboratorio de Materiales UPTC - Tunja.

| Nomen.     | Diam. mm | Long. mm | Car Max. KN | Esf. Max. KN/mm <sup>2</sup> |
|------------|----------|----------|-------------|------------------------------|
| PROBETA 1  | 24.77    | 198      | 10.18       | 33.79                        |
| PROBETA 2  | 24.83    | 200      | 13.56       | 45.12                        |
| PROBETA 3  | 25.10    | 202      | 13.21       | 42.94                        |
| PROBETA 4  | 24.95    | 199      | 14.20       | 46.34                        |
| PROBETA 5  | 24.30    | 211      | 15.84       | 56.51                        |
| PROBETA 6  | 24.31    | 199      | 11.57       | 40.83                        |
| PROBETA 7  | 24.59    | 200      | 13.62       | 46.72                        |
| PROBETA 8  | 24.58    | 200      | 10.17       | 32.72                        |
| PROBETA 9  | 24.72    | 199      | 11.09       | 37.21                        |
| PROBETA 10 | 25.24    | 201      | 13.15       | 41.87                        |



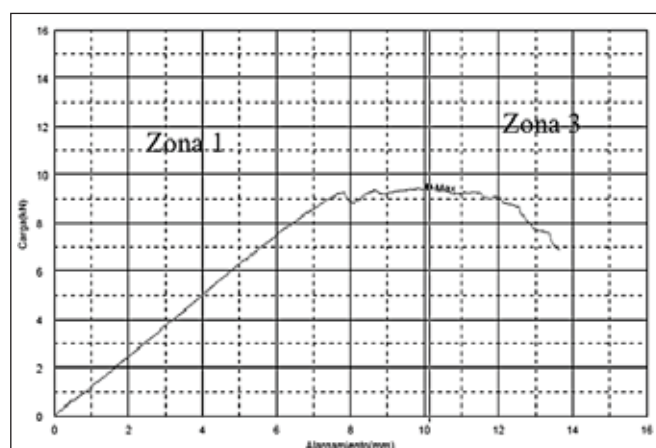
**Figura 7.** Normalidad de datos esfuerzo máximo, para probetas tipo 1. Baja de distorsión de datos.  
**Fuente:** los autores.

En las probetas del material tipo 2 se presentó un comportamiento de falla súbito, en el 50% de los elementos después de alcanzar el esfuerzo máximo, pasando a la zona 3 de falla donde el elemento pierde su propiedad estructural (ver Figura 8).



**Figura 8.** Comportamiento de falla del 50% de las probetas tipo 2. Dos zonas de comportamiento.  
**Fuente:** los autores.

En el otro 50% de las probetas del material tipo 2 se presentó un comportamiento de falla progresivo después de alcanzar el punto de máximo esfuerzo, pasando a la zona 3 de falla donde el elemento pierde su propiedad estructural, pero de forma progresiva (ver Figura 9).



**Figura 9.** Comportamiento de falla del 50% las probetas tipo 2. Dos zonas de comportamiento.  
**Fuente:** los autores.

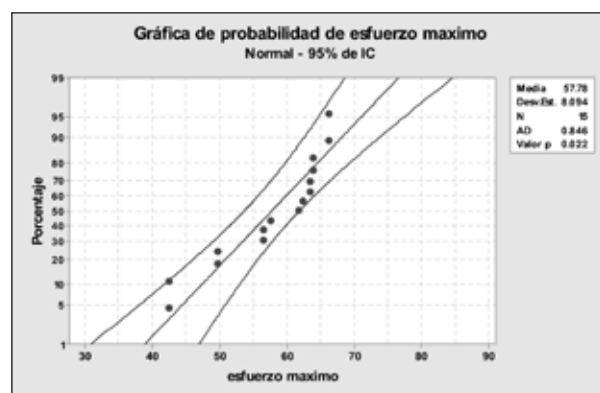
En la Tabla 8 se resumen los resultados de esfuerzo máximo del material:

**Tabla 8.** Resultado de esfuerzo máximo de flexión probetas tipo 2. Resultados Pruebas a flexión.

**Fuente:** Laboratorio de Materiales UPTC - Tunja.

| Nomen.     | Diam.<br>mm | Long.<br>mm | Car Max.<br>KN | Esf. Max.<br>KN/mm <sup>2</sup> |
|------------|-------------|-------------|----------------|---------------------------------|
| PROBETA 1  | 22.45       | 241         | 11.79          | 63.98                           |
| PROBETA 2  | 22.47       | 240         | 7.89           | 42.50                           |
| PROBETA 3  | 22.28       | 240         | 11.48          | 63.46                           |
| PROBETA 4  | 22.6        | 238         | 9.48           | 49.79                           |
| PROBETA 5  | 22.29       | 240         | 10.18          | 56.51                           |
| PROBETA 6  | 22.39       | 240         | 10.59          | 57.68                           |
| PROBETA 7  | 22.59       | 240         | 11.64          | 61.71                           |
| PROBETA 8  | 22.39       | 240         | 11.45          | 62.36                           |
| PROBETA 9  | 22.41       | 241         | 12.14          | 66.20                           |
| PROBETA 10 | 22.49       | 239         | 10.78          | 66.20                           |

En la Figura 10 se observa que el comportamiento del valor máximo de esfuerzo está ajustado a la línea de tendencia de las pruebas, lo que da garantía de que los datos son representativos. Sin embargo, la dispersión de los datos es mayor que los de las probetas tipo 1.



**Figura 10.** Normalidad de datos esfuerzo máximo, para probetas tipo 2. Dispersión de datos dentro de la normalidad.  
**Fuente:** los autores.

## Modelamiento en elementos finitos

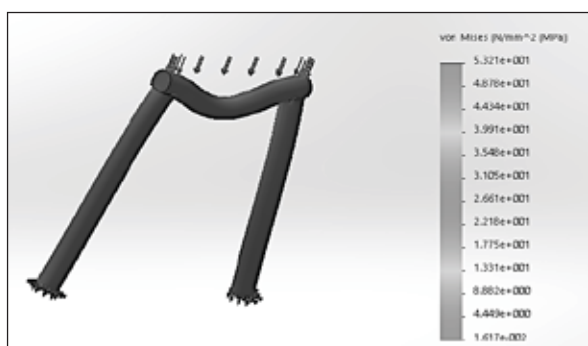
El capiz de la Figura 11 está sometida a la acción de una carga transversal transmitida por la bóveda de carga y tiene una pretensión direccionada lateralmente debida al empalme sencillo. El pandeo del capiz bajo la carga de 10 toneladas registra un desplazamiento máximo de aproximadamente de 6 mm (ver Figura 11).



**Figura 11.** Desplazamiento en la puerta alemana. Máximo desplazamiento en el centro del capiz.

**Fuente:** los autores.

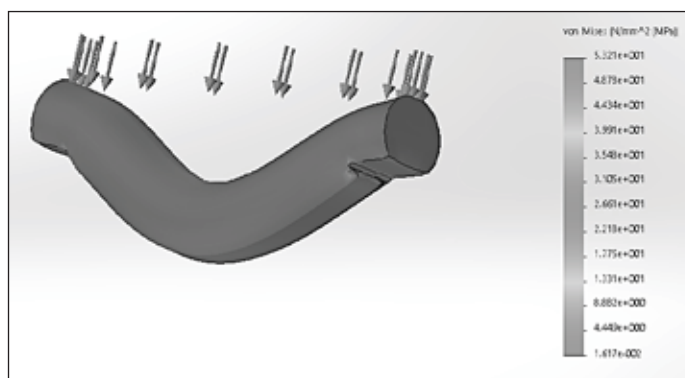
Con base a la teoría de la máxima energía de distorsión, la falla en el material polimérico ocurrirá cuando la energía de distorsión supere el límite de fluencia (Richard, Budynas & Nisbett, 2008); en la simulación se obtuvo un esfuerzo máximo de von Mises de 53,10 MPa (ver Figura 12), valor que está por debajo del límite de fluencia del polímero el cual fue calculado en los ensayos de flexión 12100 MPa.



**Figura 12.** Esfuerzos de von Mises. Distribución de esfuerzos sobre la puerta alemana.

**Fuente:** los autores.

En el empalme sencillo se presentan puntos de concentración de esfuerzos, ocasionada por los cambios abruptos en la geometría del capiz (ver Figura 13).



**Figura 13.** Concentración de esfuerzos en la cara lateral del empalme del capiz.

**Fuente:** los autores.

## Conclusiones

Por teoría de von Mises se definió la condición de carga de la bóveda, en la cual el material sufrirá falla elástica debido a que los valores de carga pueden llegar a superar el valor de la resistencia elástica del material.

Aunque la carga de la bóveda presenta valores en un rango de 9.246 ton y 17.5741 ton, el análisis de discontinuidades identificó cuñas propensas a deslizamiento que transmitirían cargas por el orden de 1 ton, considerando que se encuentran variaciones de carga, se realizó la simulación en elementos finitos bajo una carga de 10 ton.

El comportamiento de falla de los materiales poliméricos presenta zonas fácilmente detectables, zona 1 esfuerzos correlacionados a la carga y al desplazamiento, zona 2 endurecimiento y aumento de la capacidad de resistir el esfuerzo, y la zona 3 donde el material pierde sus propiedades estructurales.

La probeta tipo 2, falla a menor carga que las de tipo 1. Sin embargo, tiene un comportamiento más elástico al registrar mayores desplazamientos.

Para el valor de carga simulado se registró un desplazamiento de aproximadamente un milímetro sobre el capiz, condición que no provocaría falla por esfuerzos estáticos en la geometría de la puerta alemana.

El registro de esfuerzos de von Mises sobre la puerta alemana registra el valor máximo de 53,10 MPa, valor por debajo del límite elástico del material polimérico reforzado fibra de vidrio, este comportamiento garantiza una buena operación de la puerta alemana, bajo condiciones de carga estática.

Los mayores esfuerzos se registraron en zona donde la geometría de la puerta presenta puntos propensos a concentración de esfuerzos, estas zonas se consideran predispuesta a fallas, se podrían realizar modificaciones en los ángulos de los empalmes para minimizar la concentración de esfuerzos.

El comportamiento mecánico de la puerta alemana, satisface las condiciones de carga estática en yacimientos planos, normalmente encontradas en minería subterránea.

Los resultados de las probetas y el modelado en elementos finitos confirman la hipótesis de que el material polimérico reforzado con fibra de vidrio es adecuado para el diseño de elementos de sostenimiento.

Con el fin de optimizar el diseño de la puerta alemana es necesario estructurar un diseño experimental que permita correlacionar variables como (diámetros, longitudes, temperaturas, materiales, rigidez) y demás factores que intervengan en el proceso del diseño.

Para evaluar totalmente el comportamiento mecánico, es necesario tener en cuenta las cargas dinámicas, temperaturas y demás variables que puedan influir directamente en dicho comportamiento, sin embargo, el estudio estático nos brinda un primer acercamiento del comportamiento de los materiales poliméricos frente a las condiciones de carga usuales en minería.

## Conclusiones

Esta investigación es resultado de un trabajo interdisciplinario que ha sido posible gracias a los lineamientos pedagógicos y curriculares que ha desarrollado el SENA Centro Minero Morca, Regional Boyacá. Agradecemos a SENNOVA que junto con sus asesores y equipos de trabajo, orientaron, acompañaron y apoyaron el proceso de elaboración, discusión y publicación de este material, un merecido reconocimiento porque su gestión pedagógica y administrativa ha sido definitiva para la consecución de la meta de diseñar unas políticas acordes a la investigación productiva basadas en las necesidades de la región.

## Referencias

- Bolívar, R., Triviño, N. & Mauricio, J. (2015). *Estudio técnico-ambiental de las estructuras principales de fortificación usadas en la minería de carbón de Norte de Santander*. Tunja: Facultad de Ingeniería, UPTC.
- De Vallejo, G., Ferrer, I. & Ortuño, L. (2011). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Prentice Hall. Pp. 127, 163, 165, 181, 241, 347 y pp. 488-498.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). Decreto 1886 21 de septiembre, Reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas en Colombia.
- Muñoz, J. & William, J. (2009). *Mecánica de rocas aplicada*. (Sogamoso, universidad pedagógica y tecnológica de Colombia).
- Ricaurte, D. (2015). *Planeamiento minero para el contrato de concesión hkn - 08071, mina La Esmeralda ubicado en los municipios de Jenesano y Tibaná, departamento de Boyacá*. Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería de Minas.
- Richard, G., Budynas, J. & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Octava edición, (Mexico): McGraw-Hill.
- Steven L., Donaldson, D. & Miracle B. (2001). "ASM Handbook". *Composites*, vol. 21. (Ohio).



# Performance of the Electric Energy Generation in a Photovoltaic System (PV) Based on PELTIER Effect (TEC) in Two Different Locations, La Mesa and Girardot in the Department of Cundinamarca

---

**ING. JULIAN FELIPE CARDONA O.**

**Contractor Instructor**

**Principal Investigator (PI)**

gtcardona@misena.edu.co

**M.SC., ING. GERSON ALEJANDRO**

**SAAVEDRA M.**

**Contractor Instructor**

**Co-Investigator (Co-I)**

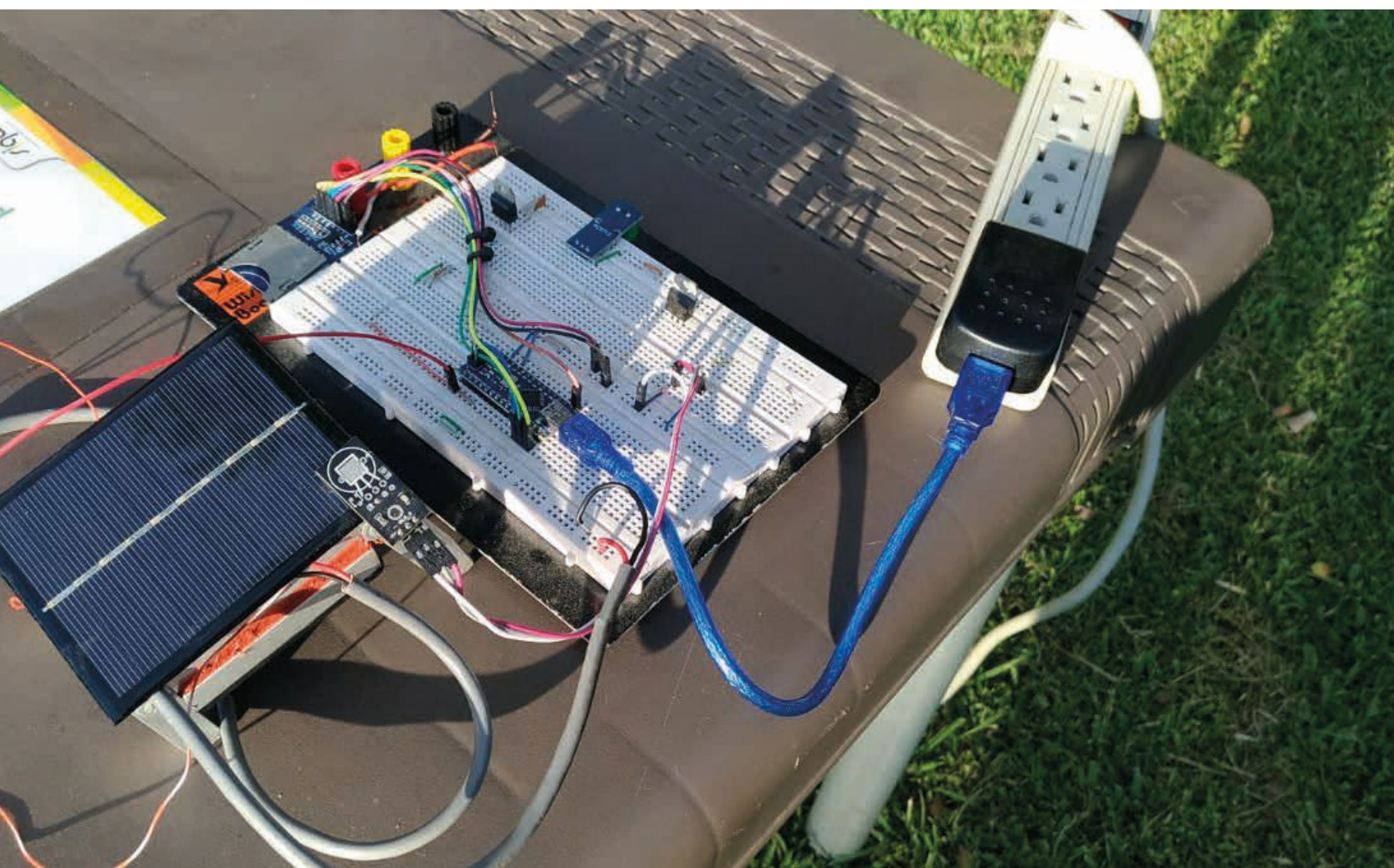
gasaavedra10@misena.edu.co

Investigation Group: Technology and Productivity  
Investigation Line: Renewable Energies.

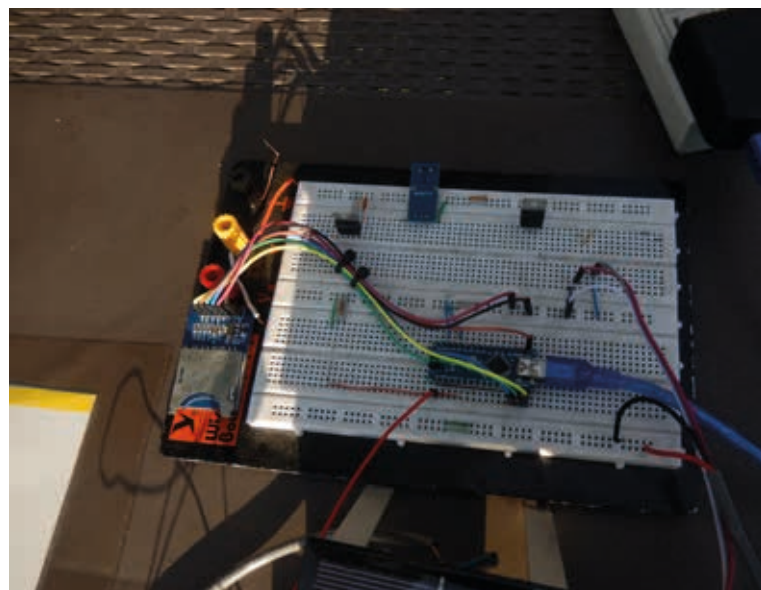
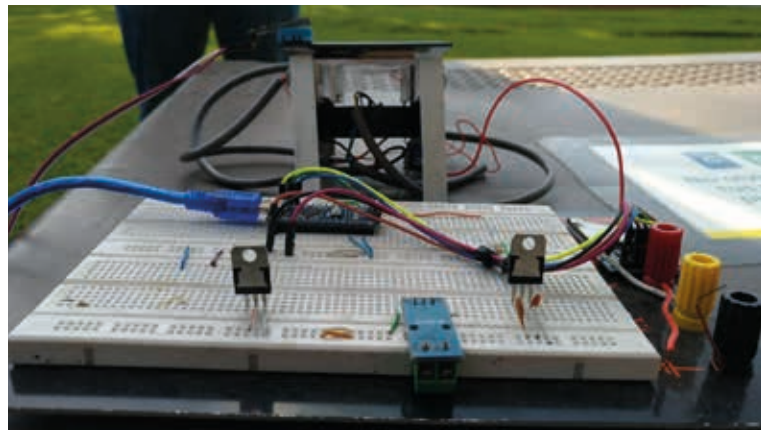
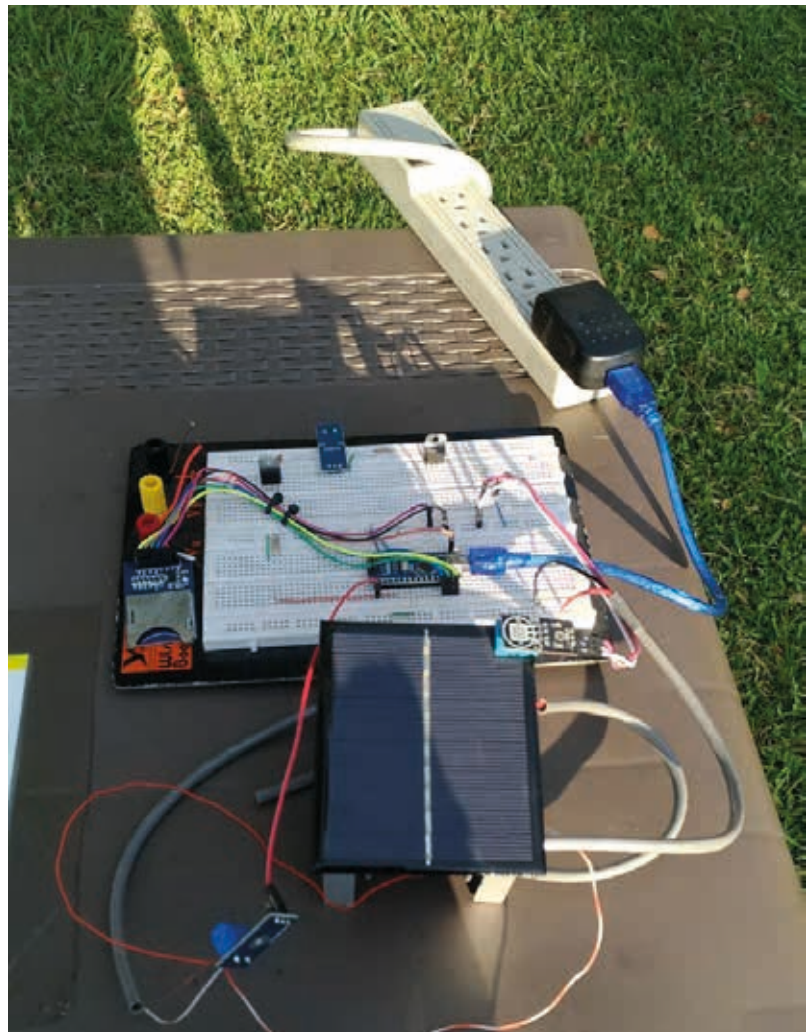
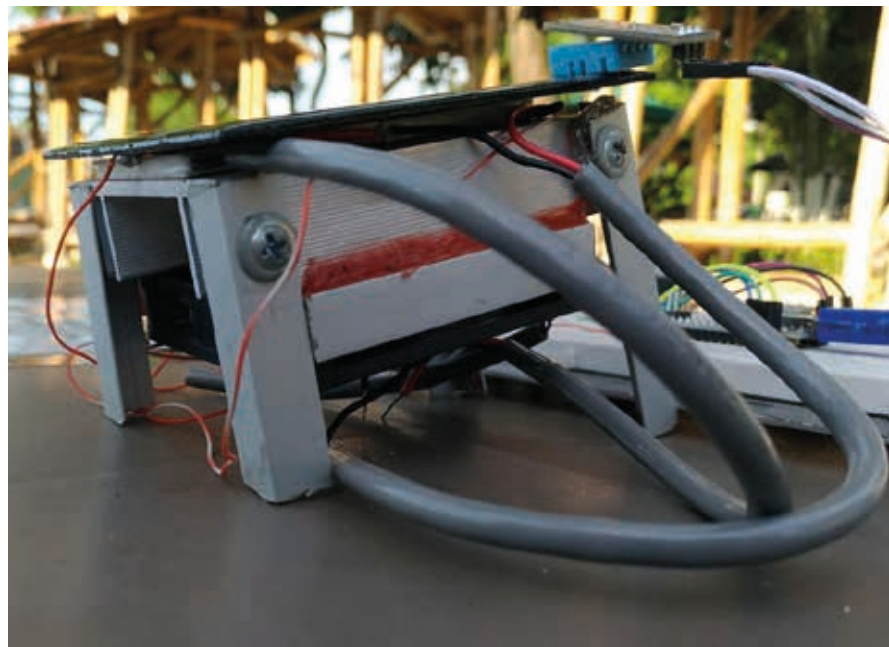
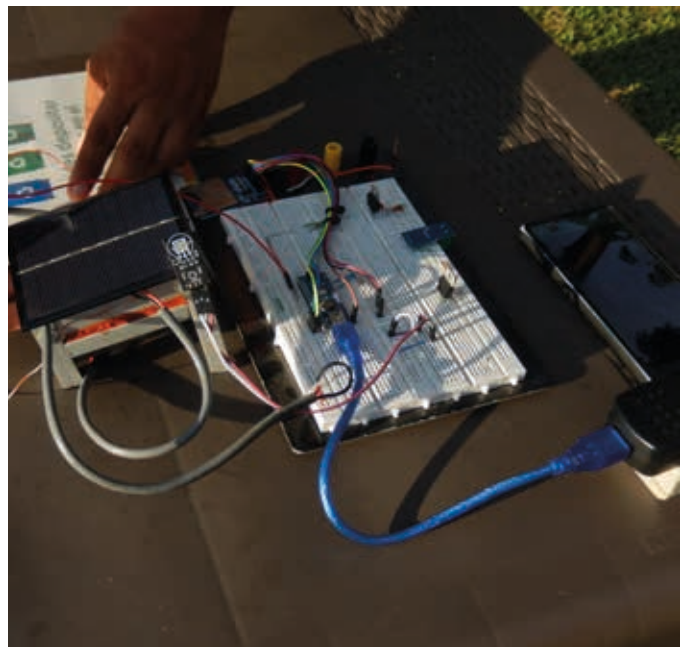
**Fecha de recepción:** 16 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 23 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 29 de agosto de 2017







# Performance of the Electric Energy Generation in a Photovoltaic System (PV) Based on PELTIER Effect (TEC) in Two Different Locations, La Mesa and Girardot in the Department of Cundinamarca

## *Abstract*

Due to magnitude of the project to develop in the CTDPE – SENA GIRARDOT associated with the process of innovation and development which is targeted for the reduction of energetic consumption based on energies renewable use, it will be useful to evaluate the performance of photovoltaic generation through a quantitative and exploratory applied investigation in locations like Girardot and La mesa. This study will be carried out implementing devices that use PELTIER effect to increase the energy production of a PV with constant monitoring of the different electrical and environmental variables.

As a result of investigative process, important data about PELTIER effect has been obtained. However, the project's focus was to determinate the characterization of a hybrid solar photovoltaic (PV) and thermoelectric cooler (TEC) system to improve the energy electric generation. Having finished the research, a PID controller was developed in order to control diverse variables automatically.

*Keywords:* Efficiency, Solar Panel, Photovoltaic, Peltier Cell.

## **Introduction**

The city of Girardot is located in alto Magdalena region near Magdalena river with an altitude of 289 M.A.S.L. As a consequence, this metropolis has a warm weather around 33 °C during the entire year, being one of the cities with most sunshine duration per day in middle-Colombia. On the other hand, La Mesa is situated in the Tequendama region at approximately 26 °C of temperature per year and an average altitude of 1200 M.A.S.L.

Consequently, this sort of scenario can have significant effects on the production of energy in a photovoltaic system installed in both municipalities.

In 2015, the production of more efficient modules was announced by SolarCity, reaching 22,04%. However, Panasonic introduced a similar new solar prototype into the market showing a peak of maximum efficiency of around 22.5%. This data was verified by the national institute of industry science and technology in Japan. It was possible thanks to the new photovoltaic cells with an throughput just over 25.6% that were produced last year.

The new photovoltaic unit called Panasonic HIT N330 was made with 96 cells and 330W, which can generate an efficiency of 19.7% per module. Furthermore, the company confirmed that the new photovoltaic unit can provide a peak energy of 27% more than similar standard products with 260 W.

The peak of power is the maximum power which can deliver a photovoltaic cell in a normal condition (radiation of 1000W/m<sup>2</sup> and temperature of 25 °C) and it is the parameter standard to classify the power of the modules.

A new research published by NATURA energy shows the solution to resolve the low efficiency which is one of the biggest problems with solar energy. This investigation proved that solar panels of silicon developed by kunta yoshikawa in Japan are the most effective panels in the world.

Kunta Yoshikawa, who is expert in the photovoltaic area, exhibited the first silicon plaque. This plaque is able to rise up to 26% in efficiency of transformation between solar radiation and electricity. Overall, by using new technologies, the improvement of efficiency has increased considerably about 2.7% (*Espectador*, 2017).

## Methodology

The research process was implemented by instructors associated to renewable energy and electricity area of CTDPE-SENA GIRARDOT. Moreover, apprentices of the research group called SEMINEER were involved in the project. They have been using their knowledge that they learned in two courses: firstly, construction and assembly of electrical installations and maintenance (Girardot, Cundinamarca) and secondly, installation of solar photovoltaic systems (La Mesa, Cundinamarca). These courses were very helpful throughout the research as they gave technical solutions to the project.

In order to have autonomy in the process of obtaining data and to reduce the possibility to have a mistake in data

acquisition, two measuring prototypes were designed.

The data acquisition system (ADQ) was made base on Arduino systems in order to collect information and to analyze three different phenomenon. Moreover, a program was designed to acquire data every five minutes.

The description of each outstanding point is being shown in the next section.

## Monitoring variables

As mentioned before, the aim of our research was focused on the improvement in the generation of electrical energy. Hence, this investigation considered that the temperature in the photovoltaic cell might improve the energy generation in the silicon plaque. Thus, the following variables were monitored:

- Temperature (°C)
- Photovoltaic cell's temperature (°C)
- Intensity of current in the cell (A)
- Voltage in the cell (V)

## Materials

The materials shown in table 1 were used during the research. Other materials as wire and connectors were employed as well.

**Table 1.** General characteristics of the materials.

| Material                | Characteristics                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Solar cell photovoltaic | Voc: 5V<br>Isc: 200mA<br>Wp: 1Wp<br>°T: 25°C                                                                                                                                                      |
| Peltier cell            | Type: TEC<br>Voperation: 12VDC<br>Imax: 6A<br>°T:                                                                                                                                                 |
| Temperature sensor      | Voperation: 5V.<br>Humidity range: 20%~90% RH<br>Humidity Precision: ±5% RH.<br>Res. Humidity: 1% RH.<br>Temperature range: 0~60 °C.<br>Temperature precision: ±2.0 °C.<br>Temperature RES: 0.1°C |



Table 1 continuation.

| Material       | Characteristics                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Voltage Sensor | V <sub>IN</sub> : 0 – 25VDC max<br>Res. Module: AD de 10 bits<br>0.00489VDC<br>Vmin. Detection: 0.02445V.<br>Res. analogic: 0.00489 V.                                                                                                                                                                    |
| Current Sensor | Range detection: -5A a 5 ADC<br>Sensibility: 185mV/A                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arduino Nano   | Arduino Nano v3.0<br>Chip: ATmega328 CH340.<br>Microcontroller: Atmel V <sub>operation</sub> : 5 V.<br>V <sub>IN</sub> : 7-12 V. voltage de<br>Pines E/S Digital: 14 input Analogic: 8<br>I <sub>max</sub> PIN E/S: 40 mA<br>Memory Flash: 32 KB<br>SRAM: 2 KB<br>EEPROM: 1 KB<br>Frequency clock: 16 MHz |
| Shield SD      | V <sub>IN</sub> : 3.3V/5V<br>Output pin:<br>SD y SPI<br>MOSI<br>SCK MISO y CS<br>Size: 5.1cm x 3.1cm                                                                                                                                                                                                      |
| SD             | Capacity 32GB                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## Equipment

In order to determine the working parameters of the TEC-PV prototype in different operation conditions, the following measuring equipment has been used. In which data acquisition such as voltage, current and temperature was realized by sensors and instruments which are illustrated by table 2.

Table 2. Used equipment for measurement.

| Equipment   | Characteristics                                                                                                                                                                                     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Source ATX  | V <sub>ACIN</sub> : 110V/230V AC<br>I <sub>ACOUT</sub> : 8A/4A<br>Frequency: 50 – 60 Hz<br>V <sub>DCOUT</sub> : 3.3V/+12V/-12V/+5V/-5V<br>I <sub>DCOUT</sub> : 14A/12A/0.5A/14A/0.5A<br>Power: 600W |
| PC Desktop  | HDD: 1TB<br>Processor: AMD 8<br>RAM: 16GB<br>S.O: Windows 10                                                                                                                                        |
| Circuit ADQ | V <sub>operation</sub> : 5 – 12 V <sub>DC</sub><br>Capture Range (V): 0 – 25V <sub>DC</sub><br>Capture Range (A): -5 – 5 A <sub>DC</sub><br>Frequency: 16MHz<br>Frequency: 3,33mHz                  |

## Location

The equipment that was used to take the data acquisition was installed in two different cities in Cundinamarca. In addition, other important factor, which facilitated the execution of the project was that apprentices involved in the project took lectures in the places where the project was implemented.

- Data equipment N°1, Located in CTDPE-GIRARADOT, 4° 18' 18.8" N – 74° 48' 9.8" O
- Data equipment N°2, located in CTDPE-La Mesa 4.632147 Latitude -74.463014 longitude

## Installation process

The installation of the equipment was defined in relation to recollected information and the state of the art. Here, we proposed that the implementation of a PELTIER cell was a power supply connected in a direct form to permit that one of the face in the cell could dramatically decrease its temperature. Its face was situated in horizontal contact with the solar panel to allow to control the temperature. We can see the prototype in the image 1.

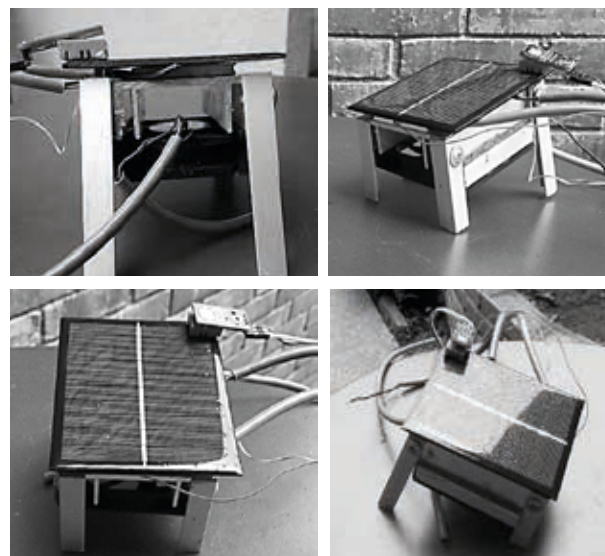


Image 1. Photovoltaic and PELTIER equipment.

Otherwise, the other face was installed with a heat sink which has two components: the first one is made of aluminum which allows to dissipate evenly the heat, the second one is a Fan which permits air to flow into the dissipater to create an interchange between hot air and cold air. As a result, we can protect the whole system from overheating and guarantee the transmission of temperature. Moreover, the power of supply that was installed, support the entire requirements of the systems.

### Acquisition of data

The data was obtained in a time period of 5 minutes so as to generate a first perspective of research hypothesis. According to this, table 3 shows temporally characteristics in the data which was acquired in the process of research.

**Table 3.** Table of data resume.

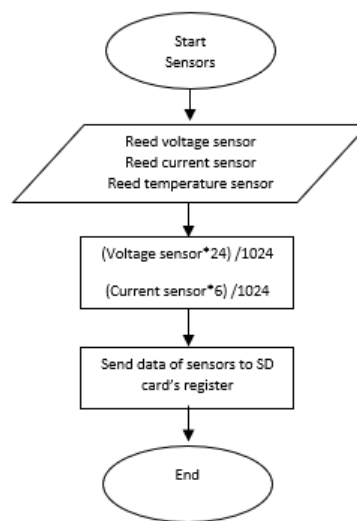
| Information | Characteristics |
|-------------|-----------------|
| Start date  | 10 of July      |
| Ending date | 10 of September |
| Start hour  | 10:00           |
| Ending hour | 14:00           |

In our experiment, data was recollected with autonomy through a prototype of ADQ based on Arduino from 10th of July 2017 to 10th of September 2017 completing 8 weeks. The information about technical recompilation data is in table 4.

**Table 4.** Characteristics of ADQ equipment.

| Variable      | Characteristics        |
|---------------|------------------------|
| $V_{IN}$      | 0 – 25 V <sub>DC</sub> |
| $I_{IN}$      | 0 – 5 A <sub>DC</sub>  |
| Sampling time | 5 minutes per sampling |
| Data per day  | 50                     |

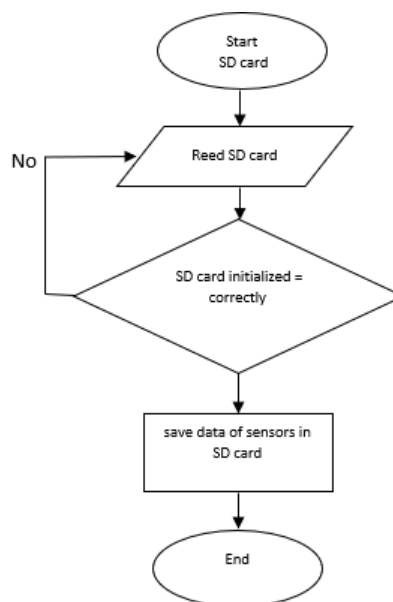
To acquire information of the sensors, it was necessary to program a code in Arduino microcontroller. In the table 2 and 4, we can find flowcharts of code program.



**Graphic 1.** Flow chart of DAQ.

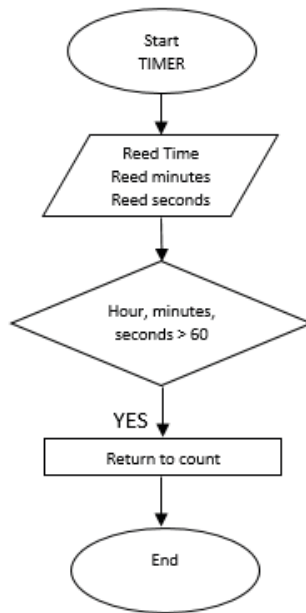
Three important parts in the algorithm can be seen in graphs: the illustration 1 describes the flow chart of measurement in which was contemplate whole variables in our project, as for example temperature.

Graphic 2 explains a flow chart that permits storing data in SD card with autonomy and real time. Moreover, this system allows to have security in our prototype.



**Graphic 2.** Flow chat of storage data.

Graphic 3 illustrates a flow chart where it can be seen how the timer of the Arduino was programmed, and it is clear that a counter was programmed in the code which changes each second in order to count time respectively.



Graphic 4. Flow chart of timer.

## Results and discussion

It can be seen that at the end of eight weeks, we obtained 50 data samples each one with an interval of 5 minutes. In the table 5, 6, 7, 8, 9 and 10, this information can be see it.

Tables 5 and 8 compare information about temperature during the whole phases of measurement. Firstly, in the table 5, three variables such as the photovoltaic cell without the correction of the temperature, the correction of this made by the TEC and the atmospheric temperature where were installed the PV cell is compared.

It can be clearly seen that tables 6 and 9 allow to analyze the previous information about the typical variables as for example voltage and current that were measured in the cell according to the atmospheric conditions and radiation in the cities.

Finally, tables 7 and 10 show the results obtained after the use of Peltier cell as cooling module in the photovoltaic panel. It can also be noted that current and voltage have been compared in tables named previously.

### Results of La Mesa

Table 5. Comparison of temperature in the photovoltaic cell.

| Time  | Temperature PV Cell without TEC (°C) | Temperature PV Cell with TEC (°C) | Atmosphere Temperature (°C) |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 10:00 | 28,10                                | 28                                | 24                          |
| 10:05 | 29,4                                 | 27,8                              | 24                          |
| 10:10 | 30,8                                 | 25,5                              | 24                          |
| 10:15 | 31                                   | 21                                | 24                          |
| 10:20 | 31,6                                 | 18,5                              | 24                          |
| 10:25 | 32                                   | 14,5                              | 24                          |
| 10:30 | 32,4                                 | 14,9                              | 24                          |
| 10:35 | 33                                   | 16                                | 25                          |
| 10:40 | 33,3                                 | 17                                | 25                          |
| 10:45 | 34                                   | 17,5                              | 25                          |
| 10:50 | 35,2                                 | 18,2                              | 25                          |
| 10:55 | 35,7                                 | 19                                | 25                          |
| 11:00 | 36                                   | 19,6                              | 26                          |
| 11:05 | 37,5                                 | 20                                | 26                          |
| 11:10 | 38                                   | 20,5                              | 26                          |
| 11:15 | 39,4                                 | 21                                | 26                          |
| 11:20 | 39,5                                 | 21,4                              | 26                          |
| 11:25 | 40,2                                 | 21,8                              | 26                          |
| 11:30 | 40,9                                 | 22,5                              | 26                          |
| 11:35 | 41,3                                 | 23                                | 27                          |
| 11:40 | 42,2                                 | 23,8                              | 27                          |
| 11:45 | 42,9                                 | 24,1                              | 27                          |
| 11:50 | 41,1                                 | 23                                | 27                          |
| 11:55 | 41,4                                 | 23,5                              | 27                          |
| 12:00 | 42,6                                 | 24,5                              | 27                          |
| 12:05 | 43,5                                 | 25,6                              | 27                          |
| 12:10 | 44,1                                 | 26                                | 27                          |
| 12:15 | 44,5                                 | 26,4                              | 27                          |
| 12:20 | 43                                   | 24,5                              | 27                          |
| 12:25 | 44,7                                 | 26                                | 27                          |
| 12:30 | 45,1                                 | 26,3                              | 27                          |
| 12:35 | 44,2                                 | 26                                | 27                          |
| 12:40 | 41,2                                 | 23,4                              | 27                          |
| 12:45 | 43,8                                 | 24,5                              | 27                          |
| 12:50 | 42,5                                 | 24,1                              | 27                          |
| 12:55 | 41,7                                 | 23                                | 27                          |
| 13:00 | 42,3                                 | 23,5                              | 27                          |
| 13:05 | 43                                   | 25,3                              | 27                          |
| 13:10 | 41,3                                 | 23,4                              | 27                          |
| 13:15 | 44,5                                 | 26,3                              | 27                          |
| 13:20 | 42,7                                 | 24,5                              | 27                          |
| 13:25 | 43,2                                 | 25,6                              | 27                          |
| 13:30 | 40,2                                 | 21,8                              | 27                          |
| 13:35 | 41,5                                 | 23                                | 27                          |
| 13:40 | 40,1                                 | 21,8                              | 27                          |
| 13:45 | 40,6                                 | 22,5                              | 27                          |
| 13:50 | 39,8                                 | 21,4                              | 27                          |
| 13:55 | 39,6                                 | 21                                | 27                          |
| 14:00 | 40,2                                 | 21,8                              | 27                          |

**Table 6.** Sampling of voltage and current without TEC.

| Time  | Voltage (V)<br>without TEC | Current (A)<br>without TEC |
|-------|----------------------------|----------------------------|
| 10:00 | 6,226                      | 0,202                      |
| 10:05 | 6,226                      | 0,198                      |
| 10:10 | 6,216                      | 0,194                      |
| 10:15 | 6,116                      | 0,196                      |
| 10:20 | 6,016                      | 0,19                       |
| 10:25 | 5,965                      | 0,185                      |
| 10:30 | 5,945                      | 0,183                      |
| 10:35 | 5,985                      | 0,181                      |
| 10:40 | 5,895                      | 0,185                      |
| 10:45 | 5,845                      | 0,176                      |
| 10:50 | 5,825                      | 0,175                      |
| 10:55 | 5,775                      | 0,177                      |
| 11:00 | 5,725                      | 0,166                      |
| 11:05 | 5,705                      | 0,173                      |
| 11:10 | 5,685                      | 0,171                      |
| 11:15 | 5,655                      | 0,17                       |
| 11:20 | 5,635                      | 0,172                      |
| 11:25 | 5,615                      | 0,175                      |
| 11:30 | 5,585                      | 0,17                       |
| 11:35 | 5,515                      | 0,175                      |
| 11:40 | 5,475                      | 0,166                      |
| 11:45 | 5,335                      | 0,169                      |
| 11:50 | 5,555                      | 0,165                      |
| 11:55 | 5,515                      | 0,167                      |
| 12:00 | 5,365                      | 0,162                      |
| 12:05 | 5,325                      | 0,159                      |
| 12:10 | 5,285                      | 0,155                      |
| 12:15 | 5,265                      | 0,157                      |
| 12:20 | 5,325                      | 0,157                      |
| 12:25 | 5,245                      | 0,159                      |
| 12:30 | 5,235                      | 0,155                      |
| 12:35 | 5,285                      | 0,157                      |
| 12:40 | 5,555                      | 0,166                      |
| 12:45 | 5,325                      | 0,155                      |
| 12:50 | 5,335                      | 0,162                      |
| 12:55 | 5,515                      | 0,169                      |
| 13:00 | 5,475                      | 0,165                      |
| 13:05 | 5,325                      | 0,167                      |
| 13:10 | 5,555                      | 0,159                      |
| 13:15 | 5,245                      | 0,17                       |
| 13:20 | 5,335                      | 0,177                      |
| 13:25 | 5,325                      | 0,168                      |
| 13:30 | 5,615                      | 0,171                      |
| 13:35 | 5,515                      | 0,177                      |
| 13:40 | 5,625                      | 0,174                      |
| 13:45 | 5,615                      | 0,188                      |
| 13:50 | 5,635                      | 0,175                      |
| 13:55 | 5,645                      | 0,176                      |
| 14:00 | 5,625                      | 0,176                      |

**Table 7.** Sampling of voltage and current with TEC.

| Time  | Voltage (V)<br>with TEC | Current (A)<br>with TEC |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 10:00 | 6,236                   | 0,202                   |
| 10:05 | 6,265                   | 0,216                   |
| 10:10 | 6,285                   | 0,246                   |
| 10:15 | 6,325                   | 0,236                   |
| 10:20 | 6,515                   | 0,218                   |
| 10:25 | 6,555                   | 0,245                   |
| 10:30 | 6,585                   | 0,245                   |
| 10:35 | 6,555                   | 0,236                   |
| 10:40 | 6,555                   | 0,236                   |
| 10:45 | 6,525                   | 0,236                   |
| 10:50 | 6,515                   | 0,236                   |
| 10:55 | 6,515                   | 0,216                   |
| 11:00 | 6,495                   | 0,216                   |
| 11:05 | 6,485                   | 0,218                   |
| 11:10 | 6,485                   | 0,22                    |
| 11:15 | 6,455                   | 0,216                   |
| 11:20 | 6,455                   | 0,216                   |
| 11:25 | 6,425                   | 0,22                    |
| 11:30 | 6,425                   | 0,206                   |
| 11:35 | 6,415                   | 0,205                   |
| 11:40 | 6,415                   | 0,202                   |
| 11:45 | 6,385                   | 0,21                    |
| 11:50 | 6,385                   | 0,202                   |
| 11:55 | 6,355                   | 0,211                   |
| 12:00 | 6,355                   | 0,202                   |
| 12:05 | 6,315                   | 0,198                   |
| 12:10 | 6,315                   | 0,211                   |
| 12:15 | 6,285                   | 0,211                   |
| 12:20 | 6,355                   | 0,202                   |
| 12:25 | 6,315                   | 0,211                   |
| 12:30 | 6,285                   | 0,211                   |
| 12:35 | 6,315                   | 0,211                   |
| 12:40 | 6,355                   | 0,206                   |
| 12:45 | 6,355                   | 0,202                   |
| 12:50 | 6,385                   | 0,21                    |
| 12:55 | 6,415                   | 0,202                   |
| 13:00 | 6,355                   | 0,205                   |
| 13:05 | 6,315                   | 0,198                   |
| 13:10 | 6,355                   | 0,206                   |
| 13:15 | 6,315                   | 0,211                   |
| 13:20 | 6,355                   | 0,21                    |
| 13:25 | 6,315                   | 0,213                   |
| 13:30 | 6,425                   | 0,22                    |
| 13:35 | 6,415                   | 0,215                   |
| 13:40 | 6,425                   | 0,22                    |
| 13:45 | 6,425                   | 0,206                   |
| 13:50 | 6,455                   | 0,216                   |
| 13:55 | 6,455                   | 0,216                   |
| 14:00 | 6,425                   | 0,222                   |



## Results of Girardot

**Table 8.** Comparison of temperature in the photovoltaic cell.

| Time  | Temperature PV cell without TEC (°C) | Temperature cell PV cell with TEC (°C) | Atmosphere Temperature (°C) |
|-------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| 10:00 | 33,00                                | 31                                     | 33                          |
| 10:05 | 34,40                                | 28,8                                   | 33                          |
| 10:10 | 35,80                                | 26,5                                   | 33                          |
| 10:15 | 36,00                                | 24                                     | 33                          |
| 10:20 | 37,60                                | 22,5                                   | 33                          |
| 10:25 | 38,00                                | 21,5                                   | 33                          |
| 10:30 | 39,40                                | 21,9                                   | 33                          |
| 10:35 | 40,00                                | 23                                     | 33                          |
| 10:40 | 41,30                                | 24,5                                   | 33                          |
| 10:45 | 42,00                                | 25,6                                   | 33                          |
| 10:50 | 45,20                                | 26,2                                   | 33                          |
| 10:55 | 46,70                                | 27                                     | 33                          |
| 11:00 | 48,00                                | 29,6                                   | 33                          |
| 11:05 | 49,50                                | 30                                     | 34                          |
| 11:10 | 50,00                                | 30,5                                   | 34                          |
| 11:15 | 51,40                                | 31                                     | 34                          |
| 11:20 | 52,50                                | 31,4                                   | 34                          |
| 11:25 | 51,20                                | 30,5                                   | 34                          |
| 11:30 | 52,90                                | 29,5                                   | 34                          |
| 11:35 | 51,30                                | 30                                     | 34                          |
| 11:40 | 52,20                                | 29,8                                   | 34                          |
| 11:45 | 52,90                                | 30,1                                   | 34                          |
| 11:50 | 51,10                                | 31                                     | 34                          |
| 11:55 | 51,40                                | 30,5                                   | 34                          |
| 12:00 | 52,60                                | 32                                     | 34                          |
| 12:05 | 53,50                                | 30,6                                   | 34                          |
| 12:10 | 52,10                                | 30                                     | 35                          |
| 12:15 | 52,50                                | 30                                     | 35                          |
| 12:20 | 52,50                                | 30                                     | 35                          |
| 12:25 | 51,70                                | 29,5                                   | 35                          |
| 12:30 | 51,10                                | 29,3                                   | 35                          |
| 12:35 | 52,20                                | 31                                     | 35                          |
| 12:40 | 52,20                                | 30,4                                   | 35                          |
| 12:45 | 51,80                                | 28,4                                   | 35                          |
| 12:50 | 52,50                                | 28,1                                   | 35                          |
| 12:55 | 51,70                                | 29                                     | 35                          |
| 13:00 | 52,30                                | 32                                     | 35                          |
| 13:05 | 51,00                                | 30                                     | 35                          |
| 13:10 | 51,20                                | 31                                     | 35                          |
| 13:15 | 52,40                                | 32,3                                   | 35                          |
| 13:20 | 51,30                                | 31,3                                   | 35                          |
| 13:25 | 51,00                                | 30,8                                   | 35                          |
| 13:30 | 50,80                                | 30,5                                   | 35                          |
| 13:35 | 50,70                                | 30                                     | 35                          |
| 13:40 | 49,50                                | 28,8                                   | 35                          |
| 13:45 | 49,00                                | 28                                     | 35                          |
| 13:50 | 50,30                                | 29,5                                   | 35                          |
| 13:55 | 50,20                                | 29,5                                   | 35                          |
| 14:00 | 50,20                                | 29,1                                   | 35                          |

**Table 9.** Sampling of voltage and current without TEC.

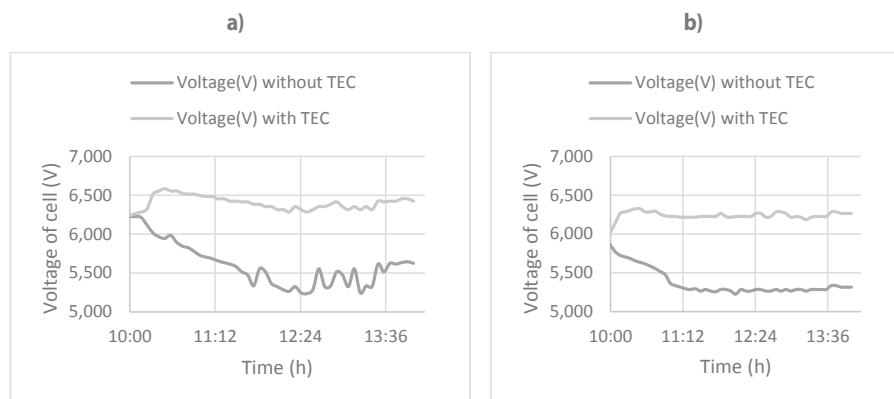
| Time  | Voltage (V) without TEC | Current (A) without TEC |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 10:00 | 5,865                   | 0,185                   |
| 10:05 | 5,775                   | 0,176                   |
| 10:10 | 5,725                   | 0,177                   |
| 10:15 | 5,705                   | 0,173                   |
| 10:20 | 5,685                   | 0,173                   |
| 10:25 | 5,655                   | 0,171                   |
| 10:30 | 5,635                   | 0,17                    |
| 10:35 | 5,615                   | 0,17                    |
| 10:40 | 5,585                   | 0,166                   |
| 10:45 | 5,555                   | 0,166                   |
| 10:50 | 5,515                   | 0,155                   |
| 10:55 | 5,475                   | 0,155                   |
| 11:00 | 5,365                   | 0,163                   |
| 11:05 | 5,335                   | 0,163                   |
| 11:10 | 5,315                   | 0,161                   |
| 11:15 | 5,295                   | 0,163                   |
| 11:20 | 5,285                   | 0,161                   |
| 11:25 | 5,295                   | 0,163                   |
| 11:30 | 5,265                   | 0,159                   |
| 11:35 | 5,285                   | 0,163                   |
| 11:40 | 5,265                   | 0,159                   |
| 11:45 | 5,255                   | 0,159                   |
| 11:50 | 5,285                   | 0,165                   |
| 11:55 | 5,285                   | 0,163                   |
| 12:00 | 5,265                   | 0,159                   |
| 12:05 | 5,225                   | 0,155                   |
| 12:10 | 5,285                   | 0,155                   |
| 12:15 | 5,265                   | 0,157                   |
| 12:20 | 5,265                   | 0,157                   |
| 12:25 | 5,285                   | 0,159                   |
| 12:30 | 5,285                   | 0,155                   |
| 12:35 | 5,265                   | 0,157                   |
| 12:40 | 5,265                   | 0,163                   |
| 12:45 | 5,285                   | 0,155                   |
| 12:50 | 5,265                   | 0,162                   |
| 12:55 | 5,285                   | 0,163                   |
| 13:00 | 5,265                   | 0,165                   |
| 13:05 | 5,285                   | 0,167                   |
| 13:10 | 5,285                   | 0,163                   |
| 13:15 | 5,265                   | 0,162                   |
| 13:20 | 5,285                   | 0,177                   |
| 13:25 | 5,285                   | 0,168                   |
| 13:30 | 5,285                   | 0,163                   |
| 13:35 | 5,285                   | 0,163                   |
| 13:40 | 5,335                   | 0,163                   |
| 13:45 | 5,335                   | 0,161                   |
| 13:50 | 5,315                   | 0,161                   |
| 13:55 | 5,315                   | 0,161                   |
| 14:00 | 5,315                   | 0,161                   |

**Table 10.** Sampling of voltage and current with TEC.

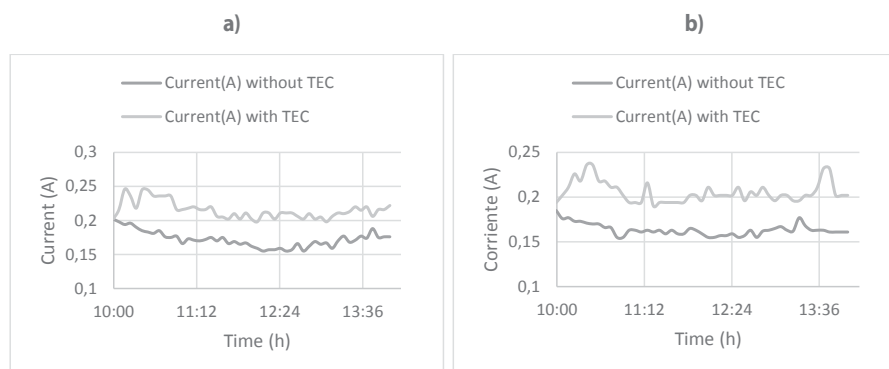
| Time  | Voltage (V) with TEC | Current (A) with TEC |
|-------|----------------------|----------------------|
| 10:00 | 6,016                | 0,194                |
| 10:05 | 6,136                | 0,202                |
| 10:10 | 6,265                | 0,211                |
| 10:15 | 6,285                | 0,226                |
| 10:20 | 6,305                | 0,218                |
| 10:25 | 6,325                | 0,236                |
| 10:30 | 6,325                | 0,236                |
| 10:35 | 6,285                | 0,218                |
| 10:40 | 6,285                | 0,218                |
| 10:45 | 6,295                | 0,211                |
| 10:50 | 6,255                | 0,211                |
| 10:55 | 6,235                | 0,202                |
| 11:00 | 6,226                | 0,194                |
| 11:05 | 6,226                | 0,194                |
| 11:10 | 6,216                | 0,194                |
| 11:15 | 6,216                | 0,216                |
| 11:20 | 6,216                | 0,19                 |
| 11:25 | 6,216                | 0,194                |
| 11:30 | 6,226                | 0,194                |
| 11:35 | 6,226                | 0,194                |
| 11:40 | 6,226                | 0,194                |
| 11:45 | 6,226                | 0,194                |
| 11:50 | 6,265                | 0,202                |
| 11:55 | 6,226                | 0,202                |
| 12:00 | 6,216                | 0,196                |
| 12:05 | 6,226                | 0,211                |
| 12:10 | 6,226                | 0,202                |
| 12:15 | 6,226                | 0,202                |
| 12:20 | 6,226                | 0,202                |
| 12:25 | 6,265                | 0,202                |
| 12:30 | 6,265                | 0,211                |
| 12:35 | 6,216                | 0,196                |
| 12:40 | 6,226                | 0,206                |
| 12:45 | 6,285                | 0,202                |
| 12:50 | 6,285                | 0,211                |
| 12:55 | 6,265                | 0,202                |
| 13:00 | 6,216                | 0,196                |
| 13:05 | 6,226                | 0,202                |
| 13:10 | 6,216                | 0,202                |
| 13:15 | 6,185                | 0,196                |
| 13:20 | 6,216                | 0,196                |
| 13:25 | 6,226                | 0,202                |
| 13:30 | 6,226                | 0,202                |
| 13:35 | 6,226                | 0,211                |
| 13:40 | 6,285                | 0,232                |
| 13:45 | 6,285                | 0,232                |
| 13:50 | 6,265                | 0,202                |
| 13:55 | 6,265                | 0,202                |
| 14:00 | 6,265                | 0,202                |

## Discussion

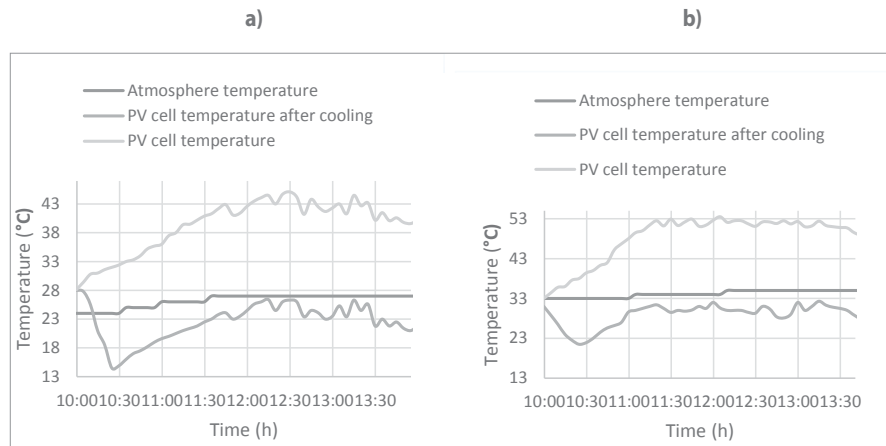
It is notable that the improvement of energy generation in the photovoltaic cell is notable in graphics. Nevertheless, when the variables were analyzed separately, we can observe a slight difference in data between Girardot and La Mesa. This information will be discussed in the following two paragraphs in order to clarify which is more profitable in terms of voltage and current.

**Graphic 5.** Voltage with TEC and without TEC vs Time a) La Mesa b) Girardot.

Graphic 4 illustrates that the voltage rose substantial in the PV cell after the system with TEC was used. Furthermore, the higher point of energy generation occurs when the orientation of the systems is perpendicular to solar radiation angle. Also, we can see that in the voltage illustration, La Mesa and Girardot had different behavior because of their location and height. The biggest rise was seen in La Mesa climbed steady to about a 20,40% whereas, Girardot increases approximately up to 19,37%. Interestingly, it is noticed that the correction of the temperature allows to stabilize the generation of voltage in the solar cell. On the other hand, the capacity of voltage generation dropped gradual without prototype TEC.

**Graphic 6.** Current without TEC and with TEC vs Time a) La Mesa b) Girardot.

In terms of intensity, the lines graph show a slowly constant improvement while the TEC system was not working. In detail, it is evident that in La Mesa, there was a slightly growth of current of approximately 36.13% while, Girardot had an increment just about under 44% which was roughly at 12:10 PM.



**Graphic 7.** Comparison of temperature on PV cell a) La Mesa b) Girardot.

In relation with temperature in PV cell without TEC, we noticed that this was far higher than the atmosphere temperature. Thus, the cell temperature in La Mesa had a significantly increase of about 67,04%. Similarly, there was an upward in Girardot cell's temperature just under 57.35%. In conclusion, we can see that temperature in the solar panel might be twice the atmosphere temperature.

In our experiments, the hybrid system TEC-PV causes a correction of temperature in the solar panel. It means that the function of Thermoelectric Cooler in the prototype does not allow an increment of temperature in the cell. Thus, the minimal solar panel temperature registered in mesa and Girardot were 14.5 °C and 21.5 °C respectively, which is far less that the ideal typical conditions of measurement.

## Conclusions

- When temperatures are below 25 °C which is the ideal working conditions for solar panel, it allows the photovoltaic cell to have better results being congruent with the measurements obtained.
- The research was developed based on measures of voltage and current which have no ideal conditions given by the manufacturer, having the option to analyze the solar panel under real conditions.
- The data collection of the research was implemented in the transition between winter solstice and the summer solstice, which generate not enough data to analyze what is the behavior of the hybrid prototype in each solstice. However, improvements can be made if the PV-TEC model will be measured over a longer period.
- When the control of temperature was applied in the photovoltaic cell, there was a percentage improvement in the generation of energy in both intensity and voltage.
- The cell of Peltier TEC makes the process slightly inefficient, because the energy consumption in the thermoelectric cooler is bigger than the energy which is generated by the solar panel.
- A determinant factor in the generation of electric energy through photovoltaic cells is the temperature both environmental and on the plate. Since a consi-

derable improvement in the throughput of the panel is obtained, when the temperature can be controlled.

- This first stage of the research proposes to continue in the search and development of prototypes that allow the improvement of photovoltaic energy efficiency with better performance.

## Referencias

- Benghanem, M., Al-Mashraqi, A., & Daffallah, K. (2016). Performance of solar cells using thermoelectric module in hot sites. *Renewable Energy*, 51-59.
- disfruta las matematicas*. (06 de 10 de 2017). internet publication <http://www.disfrutalasmaticas.com/datos/porcentaje-diferencia-error.html>
- Enescu, D., & Spertino, F. (2016). Applications of hybrid photovoltaic modules with thermoelectric cooling. *8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings*, 904-913.
- Espectador, E. (20 de 03 de 2017). *El Espectador*. internet publication <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/japones-crea-el-panel-solar-mas-eficiente-del-mundo-articulo-685479>
- Kiflemariam, R., Almas, M., & Lin, C. (2014). Modeling Integrated Thermoelectric Generator-Photovoltaic Thermal (TEG-PVT) System. *Excerpt from the Proceedings*, 1-5.
- Kraemer, D., Poudel, B., & Feng, H.-P. (2011). High-performance flat-panel solar thermoelectric generators with high thermal concentration. *Nature Materials*, 532-538.
- Sandoval G, A., Espinosa, E., & Barahona A., J. (s.f.). Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor. *Tecnológica de la Mixteca*, 1-9.
- Zhang, L., & Chen, Z. (2017). Design and Research of the Movable Hybrid Photovoltaic-Thermal (PVT) System. *Energies*, 2-13.



## Tendencias teóricas en el manejo de negocios electrónicos

---

*Theoretical Trends in the Management  
of Electronic Businesses ok*

**SANDRA OFFIR LÓPEZ MORALES**

**Área de Administración y Mercadeo**

**Centro de Gestión Administrativa y**

**Fortalecimiento Empresarial, CGAFE**

**Regional Boyacá**

solopezm@misena.edu.co

**Fecha de recepción:** 10 de julio de 2017

**Fecha de evaluación:** 10 de agosto de 2017

**Fecha de aceptación:** 21 de agosto de 2017





# Tendencias teóricas en el manejo de negocios electrónicos

## *Resumen*

En el presente trabajo se describen las tendencias teóricas en el manejo de los negocios electrónicos, reconociendo la importancia de las TIC, las cuales han permitido el surgimiento de varias actividades económicas, así como la incorporación de términos como *e-business* o negocios electrónicos, servicios electrónicos, entre otros, que han dado origen a lo que hoy se conoce como empresas digitales. Al momento de analizar las posibles influencias en el desarrollo de las empresas digitales, se pueden mencionar algunas como: teoría del comportamiento del consumidor, el modelo TOE (Tecnología, Organización, Entorno), teoría de la difusión de innovaciones, modelo teórico de las necesidades estratégicas, teoría de los *stakeholders*, y teoría de los recursos y capacidades. Algunas de estas teorías o tendencias apuntan a incrementar el desarrollo de las organizaciones ya sea a través de la identificación de los factores del entorno, la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, en sus procesos de innovación, análisis de los factores organizacionales, la interacción entre las diversas empresas que afectan el desarrollo de las mismas, así como la definición de las necesidades y comportamientos de los consumidores que demandan de las empresas ciertos productos o servicios acordes con los cambios e innovaciones

que les permitan ser más competitivas. A medida que las organizaciones incrementan el uso de las TIC en el desarrollo de los distintos procesos, éstas también se hacen más complejas y se encaminan a la adopción de mecanismos de comercio electrónico.

*Palabras clave:* negocios electrónicos, *e-business*, TIC, consumidor, estrategias empresariales, Internet.

## *Abstract*

This paper describes the theoretical trends in the management of the e-business, recognizing the importance of ICT, which have allowed the emergence of several economic activities, as well as the incorporation of terms such as e-business, electronic services, among others, that have given rise to what today is known as digital companies. At the time of analyzing the possible influences on the development of digital enterprises, you can mention some as: theory of the behavior of the consumer, the model TOE (Technology, Organization, Environment), theory of the diffusion of innovations, theoretical model of strategic needs, stakeholder

theory, and theory of resources and capabilities. Some of these theories or trends are running to increase the development of organizations either through the identification of the factors of the environment, the importance of the information technologies and the communication ICT, in their innovation processes, analysis of the factors organizations, the interaction between the various companies that affect the development of these, as well as defining the needs and behaviors of consumers who demand companies certain products or services, in line with changes and innovations that allow them to be more competitive. As organizations increase the use of ICT in the development of the different processes, they also become more complex and are routed to the adoption of e-commerce mechanisms.

*Keywords:* e-business, ICT, Consumer, Business Strategies, Internet

## Introducción

Para poder describir las tendencias teóricas sobre negocios electrónicos, es necesario conocer el significado dado por la Real Academia Española, RAE, del término Internet: "Red informática mundial, descentralizada, formada por la conexión directa entre computadoras mediante un protocolo especial de comunicación". Adicional a lo anterior, (Guzmán, 2014) afirma: "Contiene un servicio descompuesto en millones de links o hipervínculos como son las World Wide Web (WWW), que permiten la consulta de archivos de hipertexto. Cabe señalar que, con el paso del tiempo, han tomado forma muchos elementos en la red. Algunos de ellos han fomentado el proceso de comunicación entre personas y favorecido la forma de operar de muchas empresas".

Asimismo, señala que esos elementos hacen referencia a: "Motores de búsqueda, correos electrónicos, bases de datos, redes sociales, que conforman lo que se conoce como Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Guzmán, 2014).

Las TIC, no son solo medios de comunicación, sino que vienen siendo plataformas que permiten la generación de negocios, negocios electrónicos o como se conoce *e-business*.

Para definir adecuadamente el término *e-business*, se tendrá en cuenta la explicación:

Los negocios electrónicos contienen los sistemas que permiten a una empresa, optimizar el funcionamiento de todos los procesos de esta, desde las transacciones electrónicas de compra/venta de productos o servicios, teniendo como incluida la gestión de la cadena de valor, servicio al cliente, contratación, coordinación con los socios y/o trabajadores, gestión de stocks, gestión de proveedores, estrategia empresarial, optimización de la toma de decisiones, nuevos productos, negocios o servicios, todo ello gestionado digitalmente, por un sistema que aprende de los resultados propios y externos (Fernández, 2017, p. 49).

Todo esto permite que las empresas se vuelvan más competitivas al incrementar el uso adecuado de las TIC y las continuas innovaciones tecnológicas, lo que las convierte en empresas digitales y: "...una empresa digital es aquella que explota las tecnologías que le ofrece *e-business*, con el objetivo de mejorar la eficiencia y eficacia de sus procesos productivos, permitiendo la existencia de empresas, puramente digitalizadas, que serían aquellas que operan completamente a través del Internet y además utilizan todos los sistemas que le ofrece el *e-business*" (Fernández, 2017, p. 89).

En este estado del arte se dan algunas de las tendencias en el desarrollo de las empresas digitales que van dirigidas al incremento del desarrollo de las mismas, la interacción entre ellas, la importancia vital de las TIC y la influencia cada vez más creciente de los clientes que se han vuelto exigentes y conedores de los productos y servicios que satisfagan sus necesidades, así como que el uso de las TI, dependen básicamente de la evolución que han tenido estas en las empresas.



## Tendencias actuales

### Teoría del comportamiento del consumidor online

Fernández Portillo define el comportamiento del consumidor como: “el conjunto de actividades y procesos mentales y emocionales, que realizan las personas cuando buscan, seleccionan, compran, evalúan, utilizan y desechan los productos, bienes, servicios, ideas o experiencias con el objeto de satisfacer sus deseos y necesidades” (Fernández, 2017, pp. 186-187).

Otra definición apunta a:

... los estudios del comportamiento del consumidor tienden a analizar factores que influyen sobre el comportamiento deseado, sea la intención de compra, la adquisición (usufructo) o la continuidad (fidelidad). Así, se observa en la literatura que dichos influenciadores del comportamiento del consumidor online pueden ser clasificados en cinco grandes grupos: (1) características individuales del consumidor, (2) influencias del ambiente, (3) características de los productos o servicios, (4) características del medio digital y (5) características del comerciante o intermediario (tienda virtual o similar)” (Marreiro das Chagas, M., Medeiros de Araujo, M. V., de Melo Pereira, F. A., & Veras de Sousa Neto, M. 2014, p. 534).

Todo esto es importante para la expansión de los negocios electrónicos dado que el consumidor: “... juega un papel fundamental en el desarrollo y expansión de la digitalización de la empresa, debido a que el cliente es el primer demandante de productos y servicios digitales y el responsable de obligar a las empresas a que se actualicen para satisfacer sus necesidades” (Fernández, 2017, p. 307).

### Modelo TOE

La sigla TOE, hace referencia a la tecnología, la organización y el entorno. Modelo que fue desarrollado por

Tornatsky y Fleisher. Teniendo en cuenta a Fernández Portillo lo anterior significa:

- **Tecnológico:** relativo a las tecnologías internas y externas y la relevancia que tienen para la organización. Estas tecnologías se pueden describir en términos de habilidades requeridas, infraestructura, complejidad, casos de uso, entre otras cosas.
- **Organizacional:** se refiere a ciertos factores descriptivos de la organización como son el alcance, tamaño, complejidad, estructura organizativa, grado de formalización y centralización, recursos disponibles internamente y calidad de los recursos humanos.
- **Del entorno:** el cual describe el escenario en el que la empresa desarrolla su negocio e incluye factores como el tamaño y las características de la industria, condiciones macroeconómicas, la presión ejercida por los competidores o los socios comerciales (Fernández Portillo, 2017, p. 171).

Estos tres bloques contextuales, el tecnológico, el organizacional y el entorno, “están relacionados con la intención de una empresa de adoptar o no una nueva tecnología, así como el impacto en el rendimiento en relación con la asimilación de las TIC en sus procesos de negocio” (Aguilar-Jiménez, 2013, p. 93).

### Teoría de la Difusión de innovaciones

La difusión tecnológica es base vital de las TIC, en su tesis doctoral Díaz (2014), menciona que:

La Teoría de la Difusión de la Innovación de Rogers proporciona un importante análisis de la aceptación de la tecnología a partir de la interrelación de ésta con las dimensiones sociales y psicológicas del usuario. A partir de las definiciones de difusión, proceso por el cual una innovación se comunica por cientos de canales a través del tiempo entre

individuos de un sistema social, y el de innovación, idea, práctica u objeto percibido como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción. Rogers plantea el concepto de “innovatividad” (*innovativeness*), que se refiere a la “rapidez con que se adopta la innovación”, es decir, la velocidad con que un individuo o unidad de adopción de nuevas ideas lo hace en comparación con otros miembros del sistema (Rogers, 1995, p. 43).

De acuerdo a lo anterior, (Díaz, 2014), menciona las cinco etapas que definió Rogers para el proceso de adopción como son: conocimiento, actitud de formación, implementación y confirmación. Además de lo anterior, destaca los cinco atributos que hacen en las empresas que la adopción se realice más rápidamente o no como son: la ventaja, la complejidad, la experimentación y la visibilidad. También resalta la división dada por Rogers que los clasifica en: innovadores, adoptantes, la mayoría precoz, la mayoría rezagada y los tradicionales.

De la misma manera, se considera el sistema social teniendo en cuenta las reglas, la organización y los intermediarios:

Así, Rogers proporciona un importante análisis de la estratificación social en el proceso de adopción de las nuevas tecnologías, mostrando que los adoptadores tempranos (*early adopters*) de las innovaciones generalmente pertenecen a grupos de alto nivel socioeconómico. Además, la adopción de nuevas tecnologías exitosas frecuentemente refuerza las ventajas económicas de los grupos privilegiados, de manera que los ricos se hacen más ricos y los pobres quedan rezagados. Este patrón, sin embargo, no es inevitable, ya que las condiciones bajo las cuales se apropia una población de una innovación determinan en parte sus consecuencias sociales (Díaz, 2014, p. 44).

## Modelo teórico de las necesidades estratégicas

Las organizaciones, dado en el entorno competitivo y globalizado en que se desenvuelven, están obligadas a determinar objetivos estratégicos que les permitan mantenerse. Teniendo en cuenta esto:

Los mapas estratégicos tratan de resolver el problema, sin embargo la cultura gerencial, sobre todo en las mediana, pequeñas y micro empresas no ha adoptado todavía la planeación estratégica y se prefiere la inmediatez de resultados, descuidando el largo plazo como herramienta (espacio/plataforma) de gestión; además, existe poca transferencia de este conocimiento a los miembros de la organización, incluida la dirección y la sofisticación que algunos consultores dan al tema, amén de los costos que implican en el mercado la contratación de este tipo de servicios, lo cual limita su aplicación (Jaimes, Bravo, Cortina, Pacheco & Quiñones, 2009, p. 193).

Los mismos autores mencionan que estas estrategias se deben reflejar efectivamente en los objetivos y se disponga un plan operativo sistemático que permita el cumplimiento de los mismos.

## Teoría de los recursos

Los recursos son base indispensable de las organizaciones que les permiten tener una ventaja competitiva sobre otras.

**Activos tangibles.** Estos son reflejados en el Balance General de una empresa como su efectivo, su maquinaria y equipo, sus edificios y terrenos, etc.

**Activos intangibles.** Aquí se centralizan la imagen de marca, la cultura organizacional, las patentes y las experiencias acumuladas.

**Capacidades organizacionales.** “Son complejas combinaciones de activos, personas y procesos que las organizaciones utilizan para transformar los insumos en productos y servicios”.

Una empresa no genera una mayor ventaja competitiva al tener más recursos, más bien se relaciona con la calidad de estos, en otro enfoque se puede decir que no todos los recursos son fuente de ventaja competitiva ni crean un valor adicional. Un recurso valioso debe ser demandado por los clientes, debe ser de oferta limitada y tener apropiabilidad; sin embargo aunque “las fuentes de ventaja competitiva radican en los recursos, si esto no es traducido en la realización de mejores actividades nunca se logrará desarrollar una ventaja competitiva” (De la Fuente & Muñoz, s.f.). En la ventaja competitiva percibida se ven influenciadas en función de las capacidades de personalización masiva y las capacidades de reconfiguración, ya que es lo que permitirá la implementación eficiente de las actividades producidas (Del Angel, Maldonado-Radillo & Máynez-Guaderrama, 2016, p. 71).

### Teoría de los *stakeholders*

El término *stakeholders* está relacionado con los grupos de interés. De acuerdo con Saiz:

La teoría de los *stakeholders* supone una nueva visión empresarial donde el supuesto de la maximización del beneficio del accionista deja paso a una gestión basada en la relación con estos grupos de interés. La responsabilidad de la empresa es hacia todos y cada uno de sus grupos, y ha de tenerlos en cuenta a la hora de tomar sus decisiones. El objetivo de la empresa es, desde esta perspectiva, la maximización de valor que se define por los intereses legítimos que poseen sus *stakeholders* (Saiz, 2012, p. 7).

Según Saiz, la organización es un ente plural, compuesto por muchos agentes que se relacionan no solo

de forma jurídica sino moral, y esa relación de común acuerdo es lo que permite que se logren las expectativas de unos y otros.

## Experiencias de implementación de las TIC

La implementación de las TIC en las organizaciones permite que se disminuyan costos, agiliza los distintos procesos, mejoran la interacción con los clientes internos y externos, optimizando el servicio al cliente:

Cuanto mayor sea el nivel de complejidad de las TIC implementadas en la empresa, mayor será el nivel de preparación para alcanzar mayores niveles de CE. En orden de complejidad creciente, las TIC consideradas son: Internet, sitio web, Intranet, Extranet, ERP/CRM. Una empresa sin experiencia en implementación de tecnologías complejas como ERP o CRM tendrá mayores dificultades para acceder a niveles de adopción más altos del comercio electrónico (Jones, Alderete & Motta 2013, p. 169).

Así mismo, Jones, Alderete & Motta (2103), concluyen que las empresas cuanta más experiencia adquieren en la inclusión de CE (Comercio Electrónico), su conocimiento de estas tecnologías también aumenta, incluyendo los costos de implementación, cambios en la organización y exige así mismo nuevas habilidades de sus empleados.

El manejo de las TIC, según Figueroa, Hernández, González y Arrieta son:

... pieza fundamental para las empresas, además de la relación que puede lograrse con los consumidores a través de dichos medios, ya que esta actividad está ligada a la satisfacción del cliente, la rapidez de acceso a nuevos mercados y los esfuerzos en investigación y desarrollo, los cuales pueden hacer más eficiente la labor posventa del

negocio (Figuerola, Hernández, González & Arrieta, 2013, p. 62).

La inversión de los empresarios en TI, que permitan la introducción a los negocios electrónicos se ve afectada por el retorno de esa inversión, para poder hacerlo se necesita la información del entorno tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, que facilite la adopción de los mismos y permita el cumplimiento de los objetivos organizacionales, como lo mencionan Jones, Motta & Alderete:

En el caso de las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes), su innata fragilidad por la escasez de recursos se agudiza frente a los rápidos cambios tecnológicos y de mercado. Dado que muchos de los objetivos organizacionales se ven apoyados y potenciados por las TIC, las Mipymes necesitan analizar los riesgos y oportunidades inherentes a las mismas y, consecuentemente, implementar mecanismos apropiados para utilizarlas y gestionirlas, así como analizar sus impactos en el desempeño organizacional (Jones, Motta & Alderete, 2016, p. 5).

## Metodología

para la presente investigación se define el problema como desconocimiento de tendencias metodológicas existentes que permitan establecer de manera precisa los pasos para la implementación de estrategias que permita aumentar los niveles de competitividad para la administración de empresas del sector turístico que tienen la necesidad de incursionar en modelos de negocio *e-business*.

A partir de la formulación del problema se lleva a cabo la lectura y búsqueda de información a través de bases de datos especializadas que refrenden el segui-

miento a las tendencias encontradas y a los principales parámetros de los negocios electrónicos.

En este momento se hace la revisión bibliográfica, se establecen y determinan las principales tendencias en la administración que permita incursionar con facilidad en modelos de negocio *e-business* así como los resultados de la implementación de las TIC en las organizaciones.

## Conclusiones

Tomando como referencia a las observaciones dadas por Moliner Velázquez, Fuentes Blasco & Gil Saura (2015), las organizaciones deben tomar más conciencia en los beneficios que genera la aplicación y uso de TIC, dado que les permite tener un valor agregado comparados con los de su mismo nivel y los que están por encima. El entorno actual que desarrolla actividades virtuales obliga a estar a la vanguardia en este tipo de herramientas tecnológicas que permiten una mejora continua en la satisfacción de las necesidades de los clientes, lo que a su vez les permite ser más competitivos.

Las diferentes tendencias teóricas de negocios electrónicos, permiten reconocer la importancia y el desarrollo de las organizaciones en las TIC, que les permiten ser más competitivos: "Los resultados obtenidos tienden a confirmar que, en las Mipymes comerciales y de servicios que tienen interés de adoptar el comercio electrónico, la madurez en el uso de las TIC y la existencia de estrategias de TIC alineadas a los objetivos organizacionales influyen favorablemente en la adopción del comercio electrónico, y por lo tanto en el desempeño organizacional" (Jones, Motta & Alderete, 2016, p. 11).

**Agradecimientos.** Cabe resaltar el apoyo de entidades como SENNOVA SENA, CEGAFE Tunja y Grupo de investigación INNOVEM.



## Referencias

- Aguilar-Jiménez, A. S. (2013). "Factores del entorno que influyen en la adopción de *e-procurement* en empresas de la industria del mueble en España". *Iteckne*, 10(1).
- Del Angel, L. E. A., Maldonado-Radillo, S. E. & Máñez-Guaderrama, A. I. (2016). "La ventaja competitiva, desde la teoría de recursos y capacidades/competitive advantage from resource theory and capabilities". *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 9(1), 69.
- Díaz, C. (2011), "Análisis de la difusión de las tecnologías de información y comunicación en la provincia de Córdoba: ¿Cuál es la realidad de la brecha digital en la región y qué factores inciden en ella?", tesis doctoral, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba.
- Fernández, A. (2016). *Factores determinantes para la elaboración de un modelo de éxito de la empresa en el medio digital*, tesis doctoral, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Extremadura.
- Jaimes, H., Bravo, S. A., Cortina, A. K., Pacheco, C. M. & Quiñones, M. G. (2009). "Planeación estratégica de largo plazo: una necesidad de corto plazo". *Pensamiento & Gestión*, (26), pp. 191-213. Retrieved September 17, 2017
- Jones, C., Motta, J. & Alderete, M. V. (2016). "Gestión estratégica de tecnologías de información y comunicación y adopción del comercio electrónico en Mipymes de Córdoba, Argentina". *Estudios Gerenciales*, 32(138), pp. 4-13.
- Guzmán González-Vidaurreta, J. (2014). *Las TIC y las redes sociales: el motor del siglo XXI*, trabajo de grado, Facultad de Empresariales (ICADE), Universidad Pontificia Comillas.
- Marreiro das Chagas, M., Medeiros de Araújo, M. V., de Melo Pereira, F. A. & Veras de Sousa Neto, M. (2014). "Revisión de la bibliografía sobre los estudios del comportamiento del consumidor online en el área de turismo". *Estudios y perspectivas en turismo*, 23(3), pp. 526-546.
- Saiz, V. (2012). *Teoría de los Stakeholders*. Saiz, V. (2012). *Teoría de los Stakeholders*. Pontificia Universidad Católica Argentina, pp. 7.

## Instrucciones para los autores

La revista *Tecnología y Productividad* es una publicación del Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial, Girardot-Cundinamarca, con el apoyo del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA del SENA.

Su objetivo es la publicación de artículos de alta calidad científica que fortalezcan las actividades y resultados del Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial. Los proyectos de investigación publicados, lo consolidarán como líder en generación, innovación y transferencia de conocimiento, pertinente a la vocación regional, la competitividad de los sectores productivos, el emprendimiento y la empleabilidad, con equidad social.

Así mismo, propenderá por difundir los avances y resultados producto de la formación profesional integral, fundamentados en el desarrollo de competencias y el aprendizaje por proyectos que contribuyan al crecimiento personal, profesional y técnico de los aprendices para su vinculación al mundo de productivo.

### FORMA DE PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS:

- Todos los artículos serán evaluados por un grupo de expertos académicos e investigadores de trayectoria en el área del proyecto y serán revisados por el equipo editorial asignado para su evaluación.
- Los artículos deben ser inéditos y originales (no haber sido publicados por otro medio), y escritos en idioma español. Se recibirán artículos en formato digital en su última versión aprobada para evaluación y en formato reciente de Microsoft Word, en tamaño carta, Arial 12 puntos y espacio 1,5.
- Se debe dar los créditos a todas las personas que intervienen en el proyecto de investigación, así como a los colaboradores que aportan materiales al artículo como por ejemplo, fotografías, imágenes, tablas, etc.
- Es importante atender a las fechas asignadas en el cronograma de las convocatorias a publicar en la revista.
- Los artículos serán sometidos al proceso de edición, una vez que cumplan con las características de entrega y presentación.
- **Los artículos deben contener:** título en español y su traducción al inglés, nombre de los autores, grupo de investigación al que pertenecen, profesión y último grado de formación, correo electrónico, resumen en español de 500 caracteres y su traducción al inglés, palabras clave y *keywords*, introducción, metodología, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y/o recomendaciones, referencias bibliográficas.
- Las imágenes, fotografías, gráficos o diagramas deben enviarse en archivos de origen por separado del documento de Word y en alta resolución (formatos que se aceptan: jpg, tiff, Photoshop o bmp, en 300 dpi). Además, debe indicarse su ubicación en el documento de Word.
- Las tablas deben enviarse en formato editable en Word o Excel.
- Los artículos de la revista se deberán presentar en el sistema de referencias APA en su última versión.
- En caso de ser aceptado el artículo, el autor o los autores deberán firmar un formato de cesión de derechos patrimoniales para su publicación en la revista.
- El autor o los autores recibirán un ejemplar de la revista en el que aparezca publicado su artículo.

## Revista Tecnología y Productividad

VOL. 3, NO. 3, AÑO 3. DICIEMBRE DE 2017

Determinación de la colorimetría de agroquímicos aplicados al cultivo de frijol, para el control tosanitario a través de agricultura de precisión, en la finca Buena Vista del municipio de Cabrera, Cundinamarca

JENNIFER ANDREA NIÑO G. \* JIMMY ALEXANDER RODRÍGUEZ A.

El acompañamiento pedagógico como estrategia para el mejoramiento de la calidad de la formación impartida por los instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia

CARLOS DARÍO MARTÍNEZ P. \* OSCAR ALIRIO ARIAS SERRANO \*  
CARLOS ALBERTO VANEGAS P. \* MARCELA LÓPEZ U.  
IRMA VICTORIA DEL PILAR HOYOS R.

Métodos de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera

LAURA MARCELA CARDOZO S. \* LUIS ALBERTO CURTIDOR G.  
LUIS ALFREDO LOZANO R.

Producto turístico sustentable para la provincia del Alto Magdalena

GILBERTO ORLANDO ARIAS M. \* JULIETH HENAO B.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la formación para el trabajo: un relato desde el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Colombia

JOSÉ LUIS GUZMÁN O. \* MIGUEL ALFONSO OVIEDO G.  
WILBER EUSTORGIO ÁLVAREZ Á.

Generación de modelos digitales mediante fotogrametría, utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's)

ÓSCAR WILLIAM VERGARA R. \* HAROLD DUARTE R.

Interacción tridimensional arquitectónica

DIEGO ALEJANDRO CABEZA M. \* DANIELA CAROLINA ROMERO M.  
ENSO CAMILO TORRES G. \* BRIAN STEVEN NARANJO N.  
MILTON JAVIER DUARTE R. \* CARLOS ANDRÉS HERNÁNDEZ O.  
ÓSCAR ANDRÉS SOLAQUE

Evaluación del comportamiento mecánico de una puerta alemana diseñada con resina poliéster reforzada con fibra de vidrio

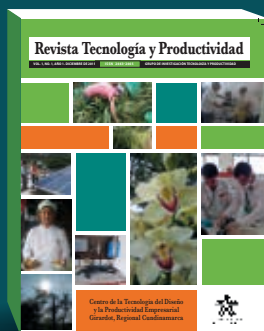
NAIRO JULIÁN RODRÍGUEZ B. \* BUENAVENTURA ROJAS M.  
JOHAN ARLEY ATUESTA SICACHA \* ANGIE PAOLA RIVERA MORENO

Performance of the Electric Energy Generation in a Photovoltaic System (PV) Based on PELTIER Effect (TEC) in Two Different Locations, La Mesa and Girardot in the Department of Cundinamarca

JULIAN FELIPE CARDONA O. \* GERSON ALEJANDRO SAAVEDRA M.

Tendencias teóricas en el manejo de negocios electrónicos

SANDRA OFFIR LÓPEZ MORALES



ISSN 2463-2465

