

VÍA INNOVA

Revista de Divulgación Científica

Año 4. No. 4 2017 ISSN: 2422 - 068X

E-ISSN: 2590 - 7956



Centro de Comercio y Servicios
SENA - Regional Tolima

Equipo Directivo

José Antonio Lizarazo Sarmiento
Director General (e)

Félix Ramón Triana Gaitán
Director Regional Tolima

Alvaro Fredy Bermudez Salazar
Subdirector Centro de Comercio y Servicios

Emilio Eliécer Navia Zúñiga
Coordinador SENNOVA

Equipo Editor

Omar Arley Arenas Quimbayo
Investigador y Editor

Clara Inés de la Roche
Asesora Editorial

Luis Felipe Lozada Valencia
Lider SENNOVA

María Camila Celis Castiblanco
Corrección de Estilo

Iván Ricardo Machado Triana
Diseño y Diagramación

Colaboran en esta edición
Ana María Castro Aristizábal
David Leonardo Lozano Cortés
Jaime Andrés Morales Saavedra

ISSN: 2422 – 068X
e- ISSN: 2590-7956
DOI: <https://doi.org/10.23850/issn.2422-068X>

Impresión y Acabados
Imprenta Nacional de Colombia

Tiraje
500 ejemplares

Enero – diciembre de 2017
16 de diciembre de 2017

Comité Científico / Editorial

Ph.D Ing. Dora Luz González Bañales
Instituto Tecnológico de Durango – México

Ph.D Laura Cruz Rios
Corporación Unificada Nacional CUN
United Nations Educational, Scientific and Cultural
Organization UNESCO

Ph.D Ing. Andrés Carrión García
Universidad Politécnica de Valencia - España

Ph.D Ing. Helga Patricia Bermeo Andrade
Universidad de Ibagué

Ph.D Ing. Martha Lucía Pérez Urrego
Corporación Universitaria Minuto de Dios

Ph.D Ing. John Ferney Álvarez Rosario
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

MSc. Andrea del Pilar Arenas
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

MSc. Ing. Nelson Javier Tovar Perilla
Universidad de Ibagué

MSc. Ing. Luz Adriana Sánchez Echeverry
Universidad de los Andes

MSc. Ing. Clara Eugenia Segovia Borray
Corporación Universitaria Minuto de Dios

MSc. Ing. Jose Alonso Oviedo Monroy
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

MSc. Andrés Mauricio Arciniegas
Universidad de Ibagué

MSc. Daniel Felipe Orjuela Ramírez
Corporación Universitaria Minuto de Dios

MSc. Alejandro Javier Gutiérrez Rodríguez
Corporación Universitaria Minuto de Dios

Ing. Natalia Carolina Ángel Gil
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del
Instituto Politécnico Nacional CINVESTAV Unidad
Querétaro - México



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

GESICOM

Grupo de Investigación



Contenido

Editorial	3
Diseño de un kernel de tiempo real para el control de una impresora 3D	4
<i>Design of a real-time kernel for the control of a 3D printer</i>	
MARCO LEÓN MORA MÉNDEZ	
Sistema de navegación y exploración visual articulado por técnicas de inteligencia artificial, para la movilidad de personas en condición de discapacidad visual	22
<i>Navigation and visual exploration system articulated by artificial intelligence techniques, for the mobility of people visually impaired</i>	
JUAN MANUEL ALDANA PORRAS; JOHN FREDY MONTES MORA	
Conceptos técnicos para comprender los sistemas de gestión de baterías BMS	37
<i>Technical concepts to understand the battery management systems BMS</i>	
MARCELA GONZÁLEZ VALENCIA; LUZ ADRIANA TREJOS GRISALES	
Análisis del impacto del ingreso de los establecimientos “Hard Discount” frente a las tiendas de barrio de la ciudad de Ibagué	47
<i>Analysis of the impact of the arrival of the “Hard Discount” establishments in the neighborhood stores of the city of Ibagué</i>	
JAIRO FERNÁNDEZ MOLANO; JOAQUÍN EDUARDO CARRILLO ORJUELA	
SENA Empresa, una estrategia de formación pedagógica	57
<i>SENA Enterprise, a pedagogical training strategy</i>	
LOLA FERNANDA HERRERA HERNÁNDEZ; HUGO ALEXÁNDER SEMANATE QUIÑONEZ; CRISTIAN JAVIER CHÁVARRO MURCIA	
Un análisis de la estructura productiva del Alto Magdalena	67
<i>An analysis of the productive structure of Alto Magdalena</i>	
DIANA PATRICIA GALINDO ÁVILA; GLORIA ISABEL PRECIADO TRUJILLO	
Exploración de los potenciales impactos que genera el proceso artesanal de beneficio de la hoja de cachaco como empaque tradicional en el sur del Tolima	78
<i>Exploration of the potential impacts generated by the craft process of benefiting the cachaco leaf as a traditional package in the south of Tolima</i>	
JHUSTY MORENO HENAO; HELGA PATRICIA BERMEJO	
Caracterización y potencial uso de la raíz achira (Canna Edulis Ker)	89
<i>Characterization and potential use of the achira root (Canna Edulis Ker)</i>	
YANNETH BOHÓRQUEZ PÉREZ; MAYRA ALEJANDRA BONILLA GARZÓN; IVETTE CATHERINE PÉREZ LEAL; SHIRLEDY TATIANA QUINTERO VÁSQUEZ; JESSICA VARGAS VARGAS	
Instrucciones para publicar	98

Editorial

La presente edición de la revista de divulgación científica Vía Innova se enfoca en presentar los avances investigativos a nivel regional y nacional, que contribuyen al desarrollo de innovación y fortalecimiento de sectores económicos de gran importancia en el plano cultural y productivo. Lo anterior, debido a que estos han sido rezagados por su desconocimiento en el desarrollo económico de cada una de las zonas que componen la sociedad. Actualmente, Colombia vive un proceso de cambio y requiere de una dinámica inclusiva, que contribuya a la transformación de las investigaciones en realidades competitivas y productivas, con impactos significativos, en cada una de las áreas de estudio.

En este sentido, el Servicio Nacional de Aprendizaje desde su objeto misional, obedece a la transformación de región en la formación de la sociedad, e incluye el desarrollo de acciones investigativas que se dirigen hacia la innovación y la investigación aplicada. Allí, el Centro de Comercio y Servicios y su grupo de investigación GESICOM fortalecen las dinámicas sociales, económicas y culturales, en la búsqueda de soluciones a problemáticas existentes. Por consiguiente, la comprensión del entorno y sus factores influyentes son clave para definir las acciones tácticas y promover un impacto positivo en el territorio.

Con el entusiasmo de continuar construyendo y aportando a la edición de Vía Innova, instituida en 2014, se han reestructurado sus políticas y secciones, que posibilitan la creación de espacios propicios para la publicación de avances de la comunidad científica y su interacción con la academia y la sociedad en general. Con ello, se funda la participación activa de las partes de interés, que en diversas ocasiones, se galardonan sin una visualización productiva y de impacto en la región.

La producción científica refleja el desarrollo competitivo de un país, pero además, la creación de una Nación que sea consciente de afrontar los retos que mitiguen los impactos y deficiencias de su sociedad. Los hechos actuales solo son posibles gracias a las propias actitudes y a la confianza de crecer en comunidad. Es por ello que, en esta, la cuarta edición, observaremos nuestras capacidades como sinónimo de trascendencia.

MSc. Ing. Omar Arley Arenas Quimbayo

Editor

Diseño de un kernel de tiempo real para el control de una impresora 3D¹

Design of a real-time kernel for the control of a 3D printer

MARCO LEÓN MORA MÉNDEZ²

RESUMEN

Este documento describe el proceso de diseño del software de un gestor de tareas adecuado para controlar una impresora 3D, e incluye el análisis de tiempo de cada subproceso, el control de ejecución (en intervalos de tiempo fijos y determinados) y la atención a comunicaciones —con características no determinísticas— entre el dispositivo a controlar y la interfaz humana, residente en un computador de escritorio.

Palabras clave: Algoritmos de planificación, impresión 3D, núcleo, simulación, Sistemas de tiempo real.

Recibido: 13/07/2017 Aceptado: 25/10/2017.

ABSTRACT

This document describes the process of designing the software of an addecuate task manager to control a 3D printer, and includes the time analysis of each subprocess, the execution control (in fixed and determined time intervals) and the attention to communications with non-deterministic characteristics- between the device to be controlled and the human interface, that resides in a desktop computer.

Keywords: Planning algorithms, 3D print, core, simulation, real-time systems.

¹ Artículo de investigación derivado del proyecto de investigación Diseño y Fabricación de una Impresora 3D por extrusión de termoplástico, financiado por SENNOVA, 2015.

² Ingeniero de Sistemas, especialista en Teleinformática. Centro de Industria y la Construcción, SENA Regional Tolima. Ibagué, Colombia. Correo electrónico: mlmoram@misena.edu.co

INTRODUCCIÓN

Se presenta el proceso de diseño de un gestor de tareas *kernel* adaptado a las necesidades de control de una impresora 3D (Torres, León & Torres, 2012); que es un tipo de dispositivo CNC (Control Numérico Computarizado) desarrollado en los últimos años, adecuado a un mercado muy amplio y versátil y de gran utilidad en el campo del aprendizaje.

Una alternativa para realizar la implementación de la gestión de tareas en sistemas de tiempo real periódicos lo constituye la utilización de planificadores cíclicos. Este método goza de un alto grado de determinismo, previsibilidad, fiabilidad y sencillez de implementación (Guevara, Valdez & Delgado, 2014). Es una técnica bien conocida y ampliamente utilizada en entornos industriales, aunque su principal inconveniente es la falta de flexibilidad, ya que cualquier cambio en el conjunto de tareas o en sus características temporales obliga a rehacer el plan de ejecución.

A partir de una revisión de la teoría de Sistemas Operativos de Tiempo Real (RTOS) y de la definición de los requerimientos funcionales de los mecanismos a controlar, se definieron las características de los objetos de software utilizados para cada elemento de control, que incluyen análisis de tiempos y del comportamiento de los algoritmos respectivos, hasta finalizar en la selección de ciertas características del planificador, que cumplieran con las condiciones necesarias para implementar un control embebido, basado en microcontrolador (μ C) (Camargo & Andrade, 2013). El diseño general del sistema sigue la metodología Top-Down, que va de lo general

a lo particular o específico, permitiendo un desarrollo incremental de las funcionalidades requeridas.

METODOLOGÍA

El diseño general sigue la metodología *Top-Down*, que facilita un desarrollo incremental, desde lo general hasta los detalles específicos.

Inicialmente, se define un diagrama de bloques general (modelo estático), para comprender la interrelación entre los módulos del software; posteriormente, se realiza el diagrama de estados (modelo dinámico); finalmente, se define con mayor detalle cada subsistema, se realizan diagramas de flujo de datos para determinar las variables a utilizar y, por último, se diseñan los algoritmos respectivos.

A partir de la revisión de los conceptos teóricos asociados a Sistemas Operativos en Tiempo Real y una vez definida las características funcionales de la impresora, se determinó usar el algoritmo de *Round-Robin*, para ejecutar los módulos software de manera equitativa (Guevara *et al.*, 2014; Uzcátegui, Dinarle & Delgado, 2009).

Para analizar las exigencias de tiempos de respuesta y determinar los valores críticos a considerar en el diseño del planificador, se definieron los componentes software, teniendo especial cuidado en los tiempos totales máximos de ejecución de cada módulo.

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS DE TIEMPO REAL (RTOS)

Los Sistemas Operativos (S.O.) son módulos de software encargados de administrar la ejecución

de diferentes tareas y de los recursos de un sistema computador (Crespo & Alonso, 2006). Existen dos tipos básicos; interactivos; utilizados en interfaces de usuario, con características no determinísticas y de tiempo real, que en general son determinísticos y en los que se deben considerar estrictas restricciones de tiempo (Aldea Rivas, 2002; Yépez, 2007).

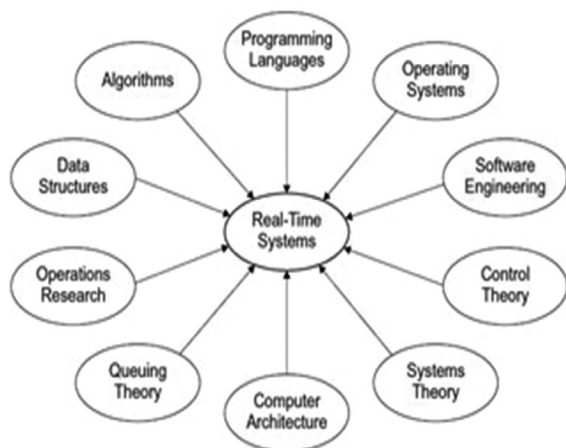
El término *tiempo real* es utilizado en diversos contextos, tanto técnicos como convencionales. Para muchos significa *al tiempo* o *instantáneamente*. En este contexto se entenderá como el referido a aplicaciones en las que el computador debe responder con la rapidez requerida por el usuario o por el proceso que se controla (Drake, *et al.*, 2014; Laplante & Ovaska, 2012).

El estudio de los sistemas en tiempo real es una verdadera disciplina multidimensional de la ingeniería de sistemas que está fuertemente influida por la teoría del control,

la investigación operativa y la ingeniería de software. La Figura 1 muestra algunas de las disciplinas que afectan al diseño y análisis de sistemas en tiempo real (Laplante & Ovaska, 2012). Debido a esto, se presentan múltiples desafíos de diseño. Aunque los fundamentos de los sistemas en tiempo real están bien establecidos desde prácticamente el inicio de la computación, los sistemas en tiempo real son un área de desarrollo muy activa, debido a la evolución de las arquitecturas de CPU, las estructuras de sistemas distribuidos, las redes inalámbricas y el advenimiento de nuevas tecnologías informáticas y de comunicaciones.

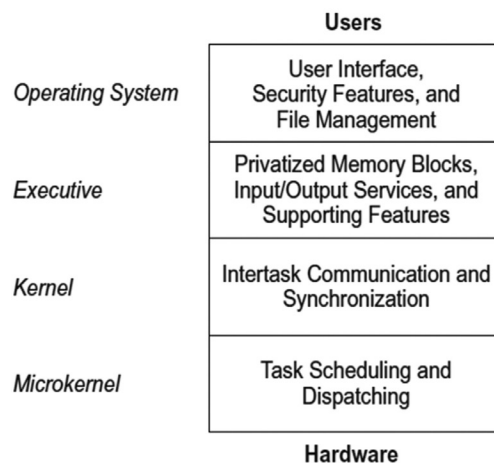
Los diferentes sistemas de control en tiempo real se pueden clasificar como se ejemplifica en la Figura 2, al considerar la cercanía relativa al usuario o a la máquina. Esta clasificación otorga los primeros elementos a considerar en el posterior proceso de diseño.

Figura 1. Variedad de disciplinas que afectan el diseño de Sistemas en Tiempo Real



Fuente: (Laplante & Ovaska, 2012)

Figura 2. Taxonomía de los niveles de complejidad de los RTOS



Fuente: (Laplante & Ovaska, 2012)

Los algoritmos que implementan estos sistemas de control se clasifican en estáticos y dinámicos. En los estáticos todas las decisiones de control se toman a priori, construyendo una tabla que indica los tiempos de inicio y finalización, asociados a cada tarea, que permiten controlar que ninguna pierda su tiempo límite de ejecución y, presentan como resultado, un enfoque altamente predecible. En este caso, si algún parámetro cambia, es necesario recalcular la tabla y reiniciar el sistema (Guevara, *et al.*, 2014).

Un S.O. se compone fundamentalmente de un Planificador y un Despachador. El Planificador puede ser Cooperativo, en el que las diferentes tareas ceden el control una a una, o Expropiativo, controlado por interrupciones; en el que un núcleo —kernel— asigna las tareas a ejecutar. El Despachador puede usar un mecanismo de turno rotativo (Round-Robin) o por prioridad, con estrategias primero en llegar, primero en salir, (FIFO); primero en llegar, último en salir (LIFO), etc.

Los métodos de planificación (planificadores) en tiempo real se clasifican en: Basados en reloj (por tiempo), en Round-Robin con prioridades, Basados en prioridades, Basados en la reserva del tiempo, Heurísticos y Flexibles (Guevara, *et al.*, 2014).

Para determinar el método a utilizar, es fundamental entender las características del sistema desde el punto de vista del nivel de aleatoriedad de las mismas. Un sistema es determinístico si para cada posible estado y para cada grupo de entradas, puede ser determinado un solo conjunto de salidas y conocido el siguiente estado del sistema (Laplante & Ovaska, 2012). Cuando no se conocen con

precisión estos valores, se dice que el sistema es no determinístico.

En la clasificación anterior se han resaltado las que más se adaptan a los requerimientos de sistemas embebidos (o empotrados), diseñados para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.

La planificación de tareas concurrentes puede ser realizada antes de iniciar la ejecución (off-line) o por un mecanismo de prioridades en tiempo de ejecución (on-line), como se muestra en la tabla 1.

Conceptos asociados al diseño de un RTOS

Se presenta, a continuación, una relación de elementos conceptuales útiles para el diseño propuesto (Pastor, 2005; Aldea Rivas, 2002), y se incluye una breve descripción de cada uno.

Planificación de la ejecución de las tareas. Dado que el objetivo es ejecutar varios procesos a la vez y que esto es imposible, ya que el μC solo puede realizar un proceso al mismo tiempo, se debe repartir el tiempo del μC entre las diferentes tareas concurrentes. De acuerdo con las características del sistema a implementar, se usará el algoritmo de *Round-Robin*, que es un método útil para desarrollar todos los elementos en un grupo de manera equitativa y en un orden racional. Normalmente se comienza por el primer elemento de la lista hasta llegar al último y se vuelve a hacer lo mismo (Morales, 2014; Yépez, 2007).

Se trata de ejecutar las tareas sucesivamente turnadas por un tiempo o quantum. Mientras

Tabla 1. Clasificación general de los planificadores para tareas en tiempo real concurrentes

Planificación	1. Planificación off-line (ejecución cíclica)		
	2. Planificación on-line (Por prioridades)	Prioridades estáticas	Rate Monotonic
			Deadline Monotonic
		Prioridades dinámicas	Earliest deadline First
			Least Laxity First
			Shortest Slack Time First

Fuente: (Guevara, *et al.*, 2014). Adaptado

más pequeño sea el quantum en cuestión, más simultánea parecerá la ejecución; y mientras más procesos se produzcan a la vez, menor será la velocidad con que se origine cada proceso y más lento será el sistema (Díaz, Ramírez, Mejía Álvarez & Leyva del Foyo, 2013).

Planificador Ejecutivo Cíclico. Es un procedimiento iterativo que permite planificar la ejecución de un conjunto de procesos periódicos en un procesador de forma determinista, tal que los tiempos de ejecución sean predecibles (Alfonsi, 2012). Los ejecutivos cíclicos o planificadores cíclicos ejecutan las tareas en secuencia según unas tablas de planificación o planes de ejecución, su construcción depende de los requisitos temporales y del conjunto de tareas. El plan define la secuencia de actividades que deben ejecutarse durante un período fijo de tiempo llamado ciclo principal o hiperperíodo. Este plan principal se divide en uno o más planes secundarios, los cuales describen la secuencia de tareas que deben ejecutarse durante un período fijo de tiempo llamado ciclo secundario (Alfonsi, 2012).

Bloque de Control de Proceso (PCB). Es un área de memoria donde se agrupa toda la información necesaria para un proceso particular. Cada vez

que se crea un proceso, el sistema operativo crea el BCP correspondiente, para que sirva como descripción en tiempo de ejecución durante su duración (Morales, 2014).

Sección Crítica. Los sistemas multitarea suelen estar relacionados con el uso compartido de recursos. En la mayoría de los casos, solo pueden ser utilizados por una sola tarea a la vez y su proceso no puede ser interrumpido. Se dice que dichos elementos son reutilizables, e incluyen periféricos, memoria compartida y también la Unidad Central de Procesamiento (CPU). Cada segmento de código que interactúa con estos medios compartidos se denomina *sección crítica*. Si dos tareas entran simultáneamente en la misma sección crítica, pueden producirse errores catastróficos (Laplante & Ovaska, 2012) (dos o más tareas que intentan acceder al mismo recurso simultáneamente).

Programación Concurrente. Cuando dos o más tareas se ejecutan simultáneamente. También se denomina Programación Multihilo — *Multithreading*—. Un lenguaje de programación concurrente permite expresar una colección de procesos secuenciales autónomos, que se ejecutan, lógicamente, en paralelo. La ejecución de una colección de procesos, normalmente

se puede realizar de tres formas distintas. De acuerdo con Pastor (2005):

- Con ejecución multiplexada en un único procesador.
- Con ejecución multiplexada en un sistema multiprocesador con acceso a memoria compartida.
- Con ejecución multiplexada en varios procesadores que carecen de memoria compartida. Este es el caso de los sistemas distribuidos.
- *Mecanismos de comunicación y sincronización.* De acuerdo con Pastor (2015), es útil distinguir, con relación a la comunicación y sincronización entre los procesos, tres tipos de comportamiento:
- Independiente: Los procesos no se comunican o sincronizan entre ellos y se ejecutan de forma independiente.
- Cooperativo: Se comunican o sincronizan entre ellos regularmente y realizan conjuntamente una determinada operación.
- Competitivo: Varios procesos utilizan unos recursos del sistema que son limitados y, por tanto, la utilización por parte de unos procesos provoca la espera de otros que estén libres.

El tipo de relación entre los procesos es importante al momento de estudiar el comportamiento temporal del sistema y asegurar que se van a cumplir las restricciones temporales.

Los conceptos de comunicación y sincronización están relacionados. La comunicación es el paso de información de un proceso a otro y la sincronización es una forma de comunicación entre los procesos.

La comunicación de datos, usualmente está basada en dos mecanismos, las variables compartidas y el paso de mensajes. Las primeras son objetos a los que puede acceder más de un proceso. El paso de mensajes es un mecanismo de comunicación que se lleva a cabo depositando información de un determinado proceso, que será leída por otro proceso.

Semáforos y Banderas. El paso de mensajes se refiere al intercambio de datos que se envían de alguna manera entre dos procesos; y una forma de evitar el acceso simultáneo al mensaje (intentar leerlo mientras no se ha terminado de escribir; por ejemplo), es usando registros o áreas de memoria especiales que señalan la disponibilidad de dicho recurso y que se denominan semáforos (también se pueden usar para otro tipo de controles, por ejemplo, señalar el estado de una tarea). Cuando la señalización es suficiente con un bit (SÍ/NO) cada bit se denomina bandera (*flag*).

Procesos y Objetos. La programación orientada a Objetos ofrece una visión del sistema como una colección de objetos que colaboran entre ellos (Pastor, 2005). Este paradigma permite enfocar el diseño hacia la modularidad, el encapsulamiento (independencia entre objetos) y la reutilización de recursos de software, que facilitan la implementación del sistema global.

Interrupciones. Cuando ocurre un suceso externo, un dispositivo hardware lo detecta y genera una señal al procesador, que provoca una solicitud de interrupción. Es importante el tiempo que tarda el sistema en reaccionar a la interrupción, es decir, el período que transcurre desde que esta se solicita hasta que se activa su manejador (Pastor, 2005).

Existen tres factores importantes que influyen en el tiempo de respuesta a las interrupciones:

1) *Niveles de interrupción*. La disponibilidad de distintos niveles de interrupción, es decir, la capacidad de que una solicitud de nivel superior detenga a un manejador de interrupción de nivel inferior, permite organizar estos mecanismos en jerarquía, de forma que una solicitud de atención importante no pueda ser bloqueada por otra de menos importancia, aunque esta segunda precise de un manejador de larga duración.

2) *Duración del tratamiento de las interrupciones*. Es decir, el tiempo máximo que el sistema está tratando una interrupción. Durante su desarrollo, se inhibe la atención de otras interrupciones para evitar inconsistencias en el manejo del hardware asociado a la primera. La duración máxima determinará la máxima frecuencia a la que pueden atenderse estos mecanismos.

3) *Tiempo de latencia de interrupción*. Es el tiempo que el sistema inhibe las interrupciones en zonas críticas en que no puede ser detenido. Los tiempos de latencia de este mecanismo, provocarán retrasos en la activación de los manejadores, produciendo, no solo el retraso de la respuesta, sino la pérdida de interrupciones.

Contexto de una tarea. Hace referencia al valor de todos los registros del procesador relacionados con un proceso en ejecución, en el instante en que inicia una interrupción. Para que al terminarla, la tarea detenida pueda continuar sin sufrir alteraciones en su estado, es necesario almacenar el valor actual de los registros (salvar el contexto) en una zona de memoria que no sea alterada por el programa manejador de la

interrupción y, al final, recuperar sus valores (cargar el contexto) y continuar con el proceso inicial.

Parámetros para describir las tareas de tiempo real

Un planificador cíclico ejecuta las tareas en secuencia según un plan de ejecución que se construye antes de poner en marcha el sistema (Uzcátegui, Dinarle & Delgado, 2009). Para construir el plan se debe determinar la duración de los períodos de los ciclos (ciclo principal, ciclos secundarios) y se asignan las ejecuciones de tareas hasta obtener una planificación que asegure el cumplimiento de sus restricciones temporales (Yépez, *et al.*, 2005). Para el efecto, se considerarán los siguientes parámetros, que son relevantes en el diseño propuesto (Yépez, *et al.*, 2005; Yépez, 2007):

- *Período T*: Es el tiempo entre cada inicio de ejecución de todas las tareas.
- *Plazo de Ejecución Di*: Es el máximo tiempo permitido para una nueva ejecución de la tarea.
- *Tiempo de Computo Ci*: Es el tiempo medio de ejecución de la tarea i .
- *Tiempo de Cómputo Máximo Cimax*: Es el tiempo de ejecución máximo de la tarea i .
- *Tiempo de Cómputo Mínimo Cimin*: Es el tiempo de ejecución mínimo de la tarea i .
- *Ciclo principal M*: Es la duración del ciclo principal (híperperíodo). La duración del ciclo principal debe cumplir ciertas condiciones:

Para que sea un conjunto de n tareas periódicas $t_i: \{(C_i, T_i, D_i)\}$, se debe cumplir con lo siguiente:

$$C_i \leq T_i \leq D_i \quad (1)$$

Para que todas las tareas se ejecuten dentro de un ciclo M , se debe cumplir con lo siguiente:

$$\sum C_i \leq M \quad (2)$$

En la escogencia del período T y para asegurar que, desde una perspectiva del hardware, todos los actuadores reciban atención a la frecuencia mínima necesaria, logrando el efecto de concurrencia, es necesario que:

$$\min(D_i) \geq T \quad (3)$$

Se debe tener en cuenta que el plazo para una tarea periódica P_i , es un factor de diseño crítico que está limitado por:

$$C_{imax} \leq P_i \quad (4)$$

Estas pruebas confirman las condiciones matemáticas para verificar si el grupo de tareas cumple con las restricciones de tiempo del algoritmo de planificación seleccionado (Díaz-Ramírez, Mejía Álvarez & Leyva del Foyo, 2013; Yépez, Guardia, Velasco, Ayza, Marti & Fuertes, 2005). Si no existe ningún valor que satisfaga el conjunto de condiciones anteriores, entonces el conjunto de tareas no puede ser planificado en un planificador cíclico.

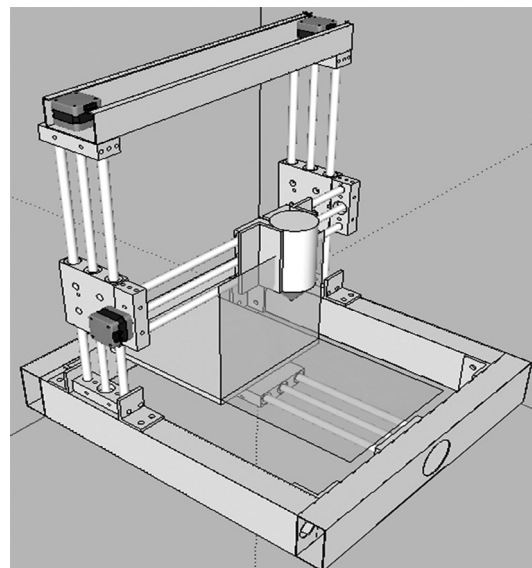
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA IMPRESORA 3D

En la Figura 3 se presenta la estructura mecánica de la impresora 3D diseñada. Está compuesta por tres ejes (X, Y, Z) accionados por sendos motores paso a paso (PaP) que permiten el

desplazamiento de un mecanismo extrusor con calentador y un motor PaP para aplicar un hilo de plástico fundido que formará la figura tridimensional. La base sobre la que se construye la figura se denomina *cama* y debe mantener una temperatura media para evitar distorsiones de la figura 3D al enfriarse parcialmente.

El sistema a diseñar controlará cuatro motores (MX, MY, MZ, ME); dos resistencias calefactoras (RE, RC); leerá sus temperaturas (TE, TC); vigilará constantemente seis (6) límites de carrera para evitar que los motores intenten moverse más allá de los límites mecánicos de desplazamiento (límite izquierdo y derecho para cada eje).

Figura 3. Estructura de la extrusora 3D



Fuente: El Autor

Para el control de la impresora se requiere un sistema que interprete los datos enviados desde el PC e interactúe con el subsistema electromecánico (actuadores y sensores) en forma precisa y en tiempo real. Dicho sistema debe estar embebido en el micro-controlador (μC) y debe interpretar

los comandos recibidos, administrando y controlando los diferentes actuadores y sensores y transmitiendo el estado de las variables de control, por medio de una comunicación permanente, de doble vía con el PC.

Los requerimientos generales se pueden subdividir en los presentados a continuación:

- Recibir cada comando enviado desde el PC y almacenarlo en una cola para su posterior atención.
- Interpretar cada comando y ejecutarlo.
- Leer las temperaturas y finales de carrera y transmitirlos al PC.

Análisis inicial del sistema embebido

El RTOS requerido exige la asignación periódica de tareas y la comunicación y sincronización entre ellas, razón por la cual, taxonómicamente, es de tipo *kernel* (Laplante & Ovaska, 2012).

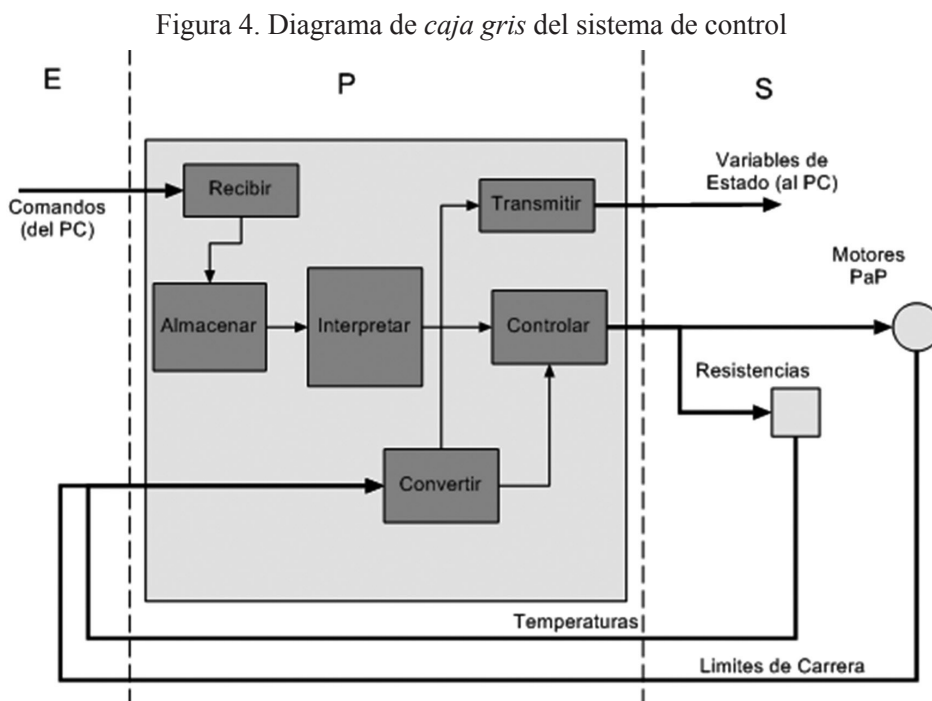
Diagrama E-P-S del sistema de control

En la Figura 4 se realiza una primera aproximación al sistema, con un diagrama Entrada – Proceso – Salida (E-P-S).

Las entradas iniciales son los comandos recibidos desde el PC, que requieren un módulo encargado de su recepción y almacenamiento. Otras entradas son los valores de temperaturas (TE, TC) y los estados de los finales de carrera, recibidos por un módulo que se encarga de su conversión análogo a digital (ADC) para las temperaturas y lectura de los límites de carrera (On-Off).

El proceso principal consiste en interpretar cada comando recibido y transmitirlo al módulo de control del actuador respectivo (motor PaP o resistencia de calentamiento).

Como salidas se definen las señales eléctricas a los motores (un pulso por paso y dirección) y las



Fuente: El Autor

señales eléctricas para las resistencias utilizando la técnica de modulación por ancho de pulso (PWM) para convertir señales digitales que salen del μC en valores análogos a las resistencias de calentamiento. También se considera salida del sistema la transmisión de las variables de estado (temperaturas y límites de carrera) al PC.

Módulos de software

Al considerar los planteamientos anteriores, seguidamente se define el diagrama de bloques que permite comprender la interrelación entre los módulos del software (ver Figura 5). En los extremos, los elementos hardware de interface: A la izquierda la conexión al PC por un puerto USB; a la derecha los puertos de salida del μC para los actuadores (motores y resistencias) y de entrada (temperaturas y límites).

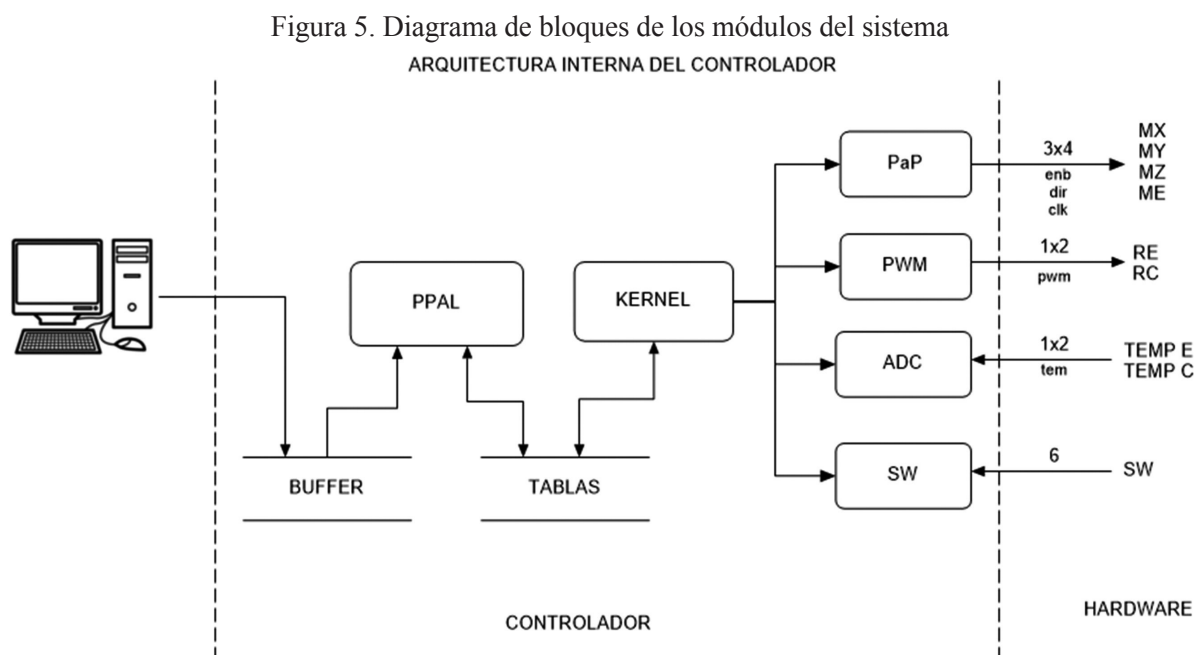
Se define un módulo de comunicaciones que, al recibir un comando del PC, lo almacenará en un *buffer* (memoria) circular y le transmitirá las variables de estado enviadas desde el

control principal. Este se encarga de interpretar los comandos recibidos y de comunicar los parámetros a cada tarea.

Las tareas se administran desde un *kernel* (planificador) disparado por interrupciones periódicas para realizar la ejecución concurrente de los módulos PaP, PWM, etc. Es de resaltar que para cada uno de los cuatro motores se utilizará el mismo módulo de software, pero con sus parámetros particulares; lo mismo para los controles PWM de los calentadores y el conversor ADC de las temperaturas.

Diagrama general de estados

El módulo que inicia y que estará en ejecución permanente es el principal, encargado de las tareas de leer e interpretar los comandos recibidos y transmitir las variables de estado: Inicia en espera de un byte desde el PC, que interpreta para conocer si es un comando a un motor, a una resistencia o una petición del estado. Si no se interpreta correctamente el



Fuente: El Autor

comando, se transmite un mensaje de error. Por último, se comunica el nivel de ocupación del buffer, para repetir todo de nuevo (no existe un punto de parada para este módulo).

El *kernel*, que contiene el planificador cíclico, se ejecutará con un período fijo, activado por una interrupción hardware con prioridad de primer nivel (bloquea cualquier otra interrupción), que detendrá al módulo principal mientras atiende todas las tareas definidas.

El módulo de comunicaciones se ejecutará por interrupción asincrónica, producida al recibir un byte desde el puerto USB.

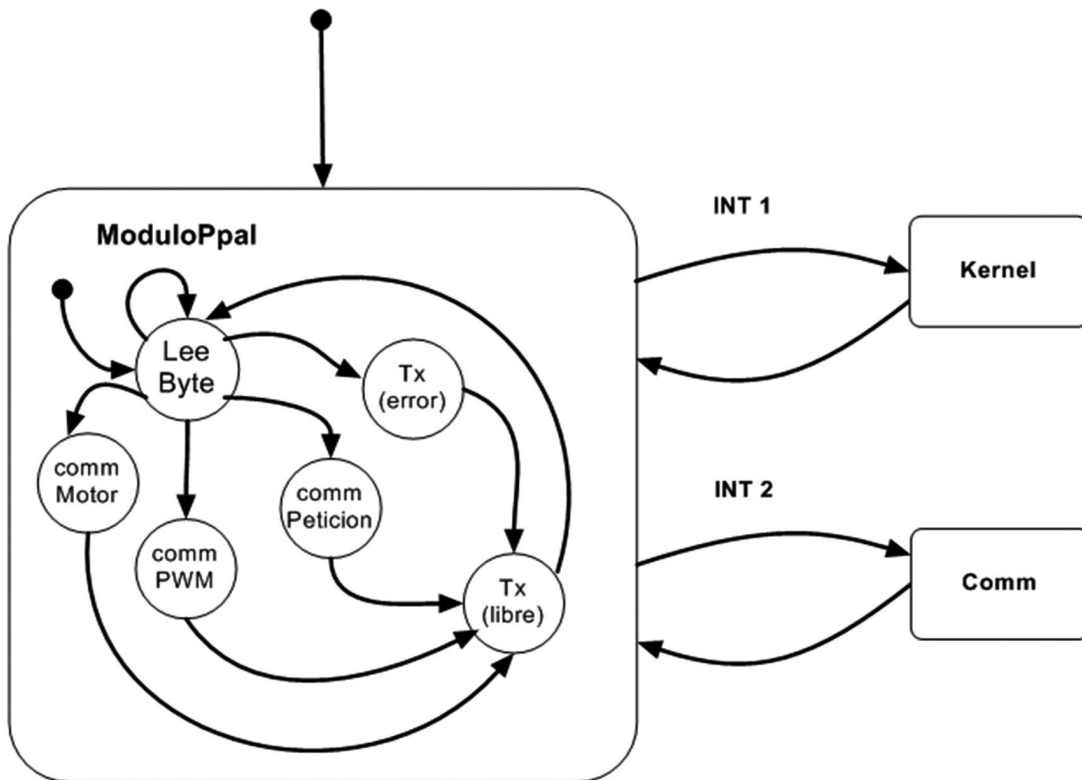
El módulo ADC, que lee las temperaturas y

las convierte a digital, se realiza utilizando el hardware del μC desde el módulo principal, razón por la cual no se considera para el diseño del planificador.

Análisis de tiempos de respuesta

Para analizar las exigencias de tiempos de respuesta y determinar los valores críticos a considerar en el diseño del planificador, se estudian los componentes software de cada módulo y algunas restricciones de tipo hardware. Para este estudio se contempla que la ejecución se realizará sobre un μC con arquitectura Harvard (marcas PIC o AVR), en la que, en general, cada instrucción requiere un ciclo (cuatro ciclos de reloj), excepto las de salto directo y a subrutina que necesitan dos. El análisis se realiza

Figura 6. Diagrama de estados del sistema



Fuente: El Autor

considerando que la codificación del *kernel* se efectuará en el lenguaje ensamblador del μC (*assembly*) (Barry, 2004).

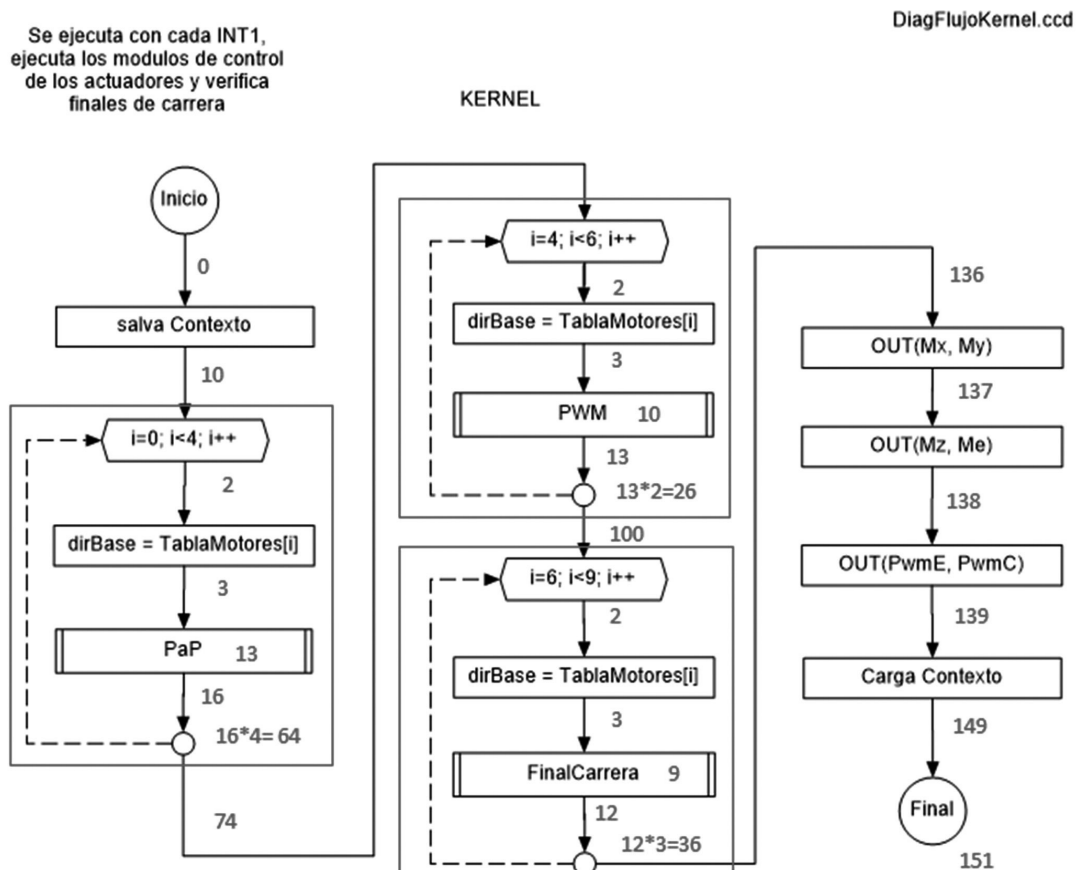
Estructura del kernel

Una vez definida la tarea a ejecutar en primer plano (módulo principal) y la atención a comunicaciones por interrupción no prioritaria, las tareas que deben cumplir con exigencias de tiempo real (control de actuadores) se planificarán consecutivamente usando un mecanismo de turno rotativo (*Round-Robin*) según el diagrama de flujo (Figura 7).

Al generarse una interrupción de nivel 1, se salva el contexto (principales registros asociados al proceso recién interrumpido), luego se repite el módulo PaP para los tres motores, el módulo PWM para las dos resistencias, el de finales de carrera para los tres ejes, se escriben las salidas resultantes en los puertos correspondientes y, por último, se recupera el contexto para continuar con el proceso de primer nivel.

Un cálculo sumario de los tiempos utilizados muestra que la ejecución acumulada más lenta es de 151 ciclos de instrucción (mínimo valor del período T).

Figura 7. Diagrama de flujo del *kernel*



Fuente: El Autor

Flujo de datos del kernel

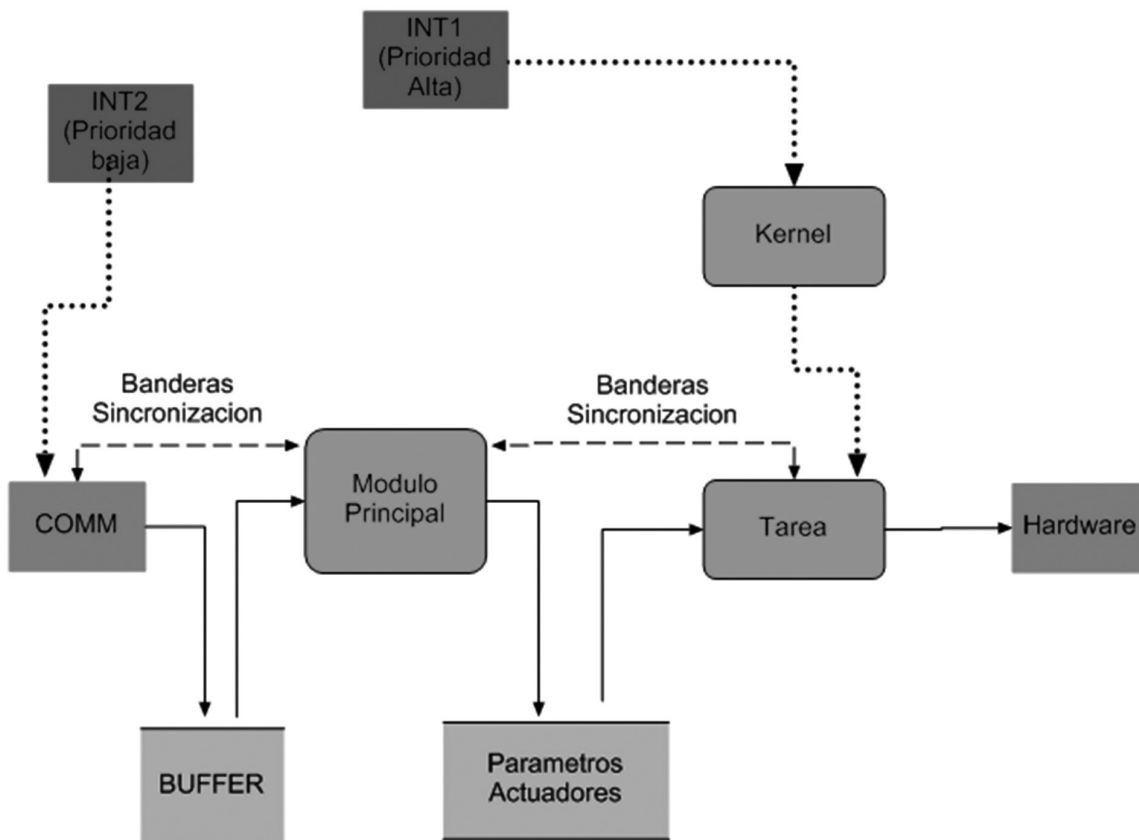
Dado el enfoque de programación de las tareas (pasadas rápidas) para mantenerlas en un tiempo reducido de ejecución y para lograr la sincronización entre el módulo principal y las controladas por el *kernel*, se utiliza una técnica de almacenes de datos y banderas de sincronización, como se muestra en la Figura 8. El valor de las variables es el que determina cuándo se deben realizar cambios en las señales de salida al hardware.

La interrupción de baja prioridad (INT2) se genera cada vez que se recibe un Byte por el puerto de comunicaciones, dando paso a la ejecución del

módulo COMM, que almacena el comando recibido en un buffer circular y activa una bandera (*flag*) para indicar al módulo principal la llegada de un comando. Este mecanismo de interrupción se utiliza para evitar la técnica de *polling* (operación de consulta constante al hardware de recepción), debido al carácter no determinístico de los mensajes enviados desde el PC.

El módulo principal está atendiendo los comandos recibidos y trasladando los parámetros a las áreas de datos de los actuadores (motores PaP y resistencias PWM); este proceso de registro de parámetros también está sincronizado por banderas.

Figura 8. Diagrama de flujo de datos y sincronización de tareas



Fuente: El Autor

La interrupción de prioridad alta INT1 con frecuencia fija, inicia la ejecución del *kernel* quien lanza las diferentes tareas como se explicó en el apartado anterior.

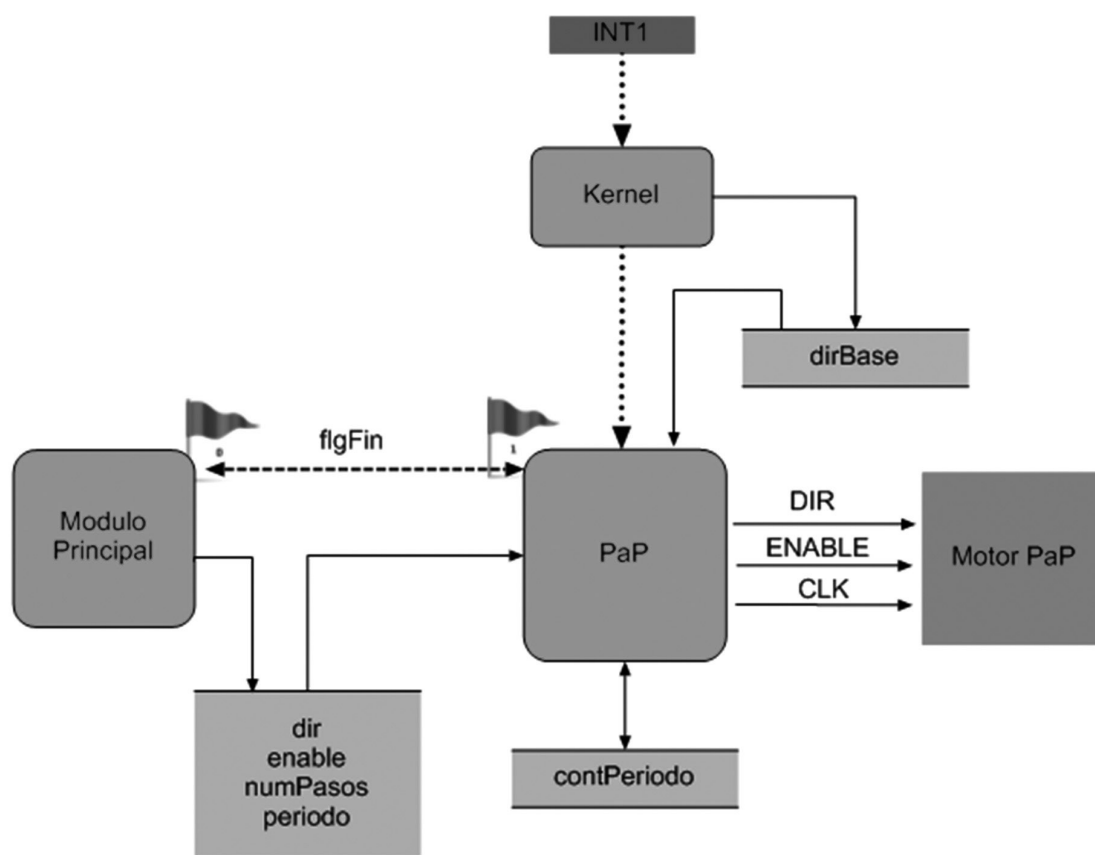
Flujo de datos para un motor PaP

A un nivel más detallado (Figura 9), la sincronización entre el módulo principal y el de cada motor se logra de manera similar, con la característica adicional de que en cada llamada al módulo PaP, el *kernel* actualiza un vector que apunta al inicio de los datos correspondientes al motor (*dirBase*), dichos datos son: sentido de giro (*dir*), señal de habilitación (*enable*), desplazamiento (*numPasos*) y un valor que determina la velocidad del movimiento

(período). El hardware de cada driver PaP requiere las señales DIR, ENABLE y CLK.

La bandera *flagFin* es puesta en 1 (SET) por el módulo PaP para indicar que ya terminó la ejecución de la orden recibida. El módulo principal extraerá una nueva orden del buffer y la pasará al área de datos solo cuando encuentre 1 en la bandera (esperará hasta encontrar 1) y la colocará en 0 (RESET) para indicar al módulo PaP que puede iniciar un nuevo movimiento. Si en una nueva entrada a la tarea PaP para un motor determinado, se encuentra en 1, el módulo no hace nada y continuará así hasta encontrar un 0. En general, este es el mecanismo de sincronización entre tareas utilizado en el presente diseño.

Figura 9. Diagrama de flujo de datos del módulo PaP



Fuente: El Autor

Flujo de datos para PWM. Este mecanismo es más sencillo que el anterior (Figura 10), solo se requiere controlar el duty-cycle de la salida, a una frecuencia fija determinada por la constante KCICLO. Para ello, el módulo principal escribe el valor deseado en valor Ciclo; no se requiere sincronización con la tarea PWM.

Al igual que con PaP, se cuenta con un área de datos particular para cada dispositivo y un vector que apunta a su inicio y es actualizado por el *kernel*.

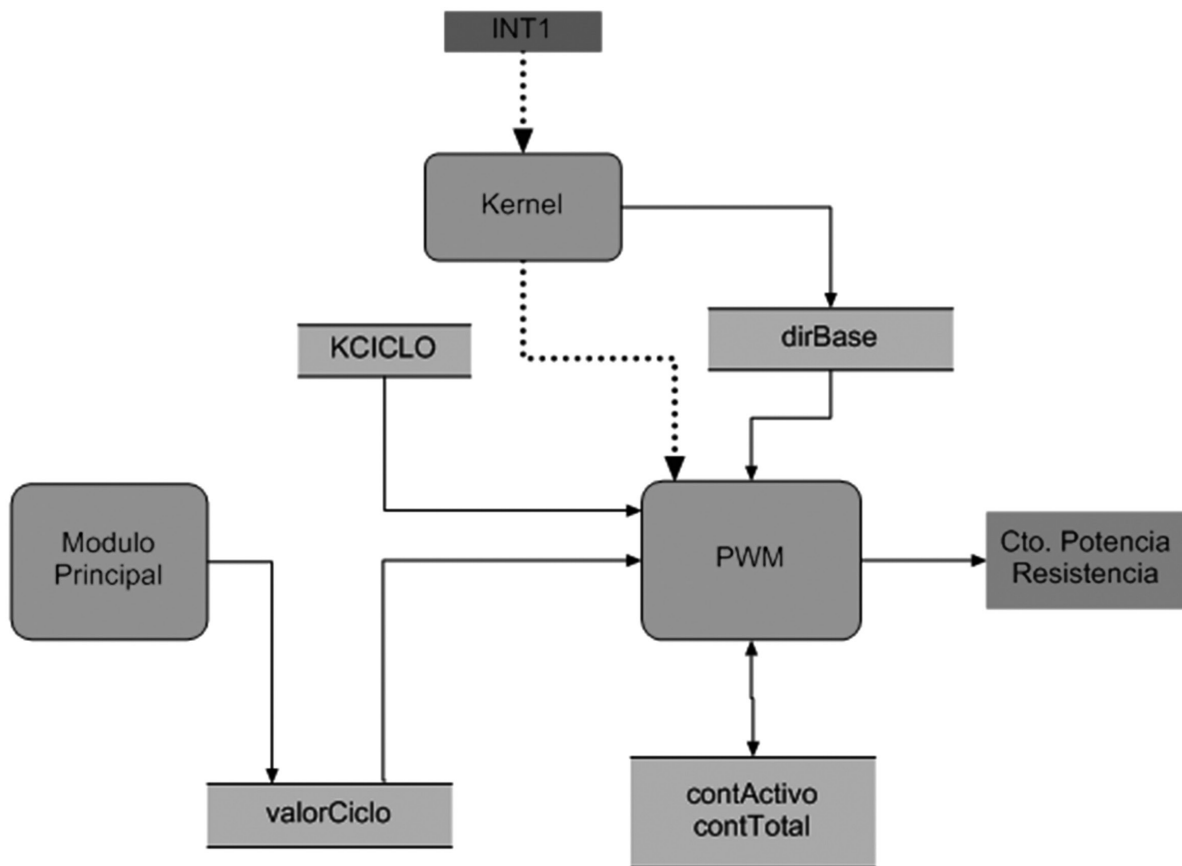
Mecanismo de interrupciones

El módulo principal siempre se ejecuta en primer plano y es detenido por las interrupciones.

La interrupción INT1, con prioridad alta es producida por el hardware (timer) del μC con un período fijo T. Cada vez que se produce esta interrupción, el kernel toma el control y ejecuta secuencialmente las tareas definidas previamente (en rojo en la Figura 11).

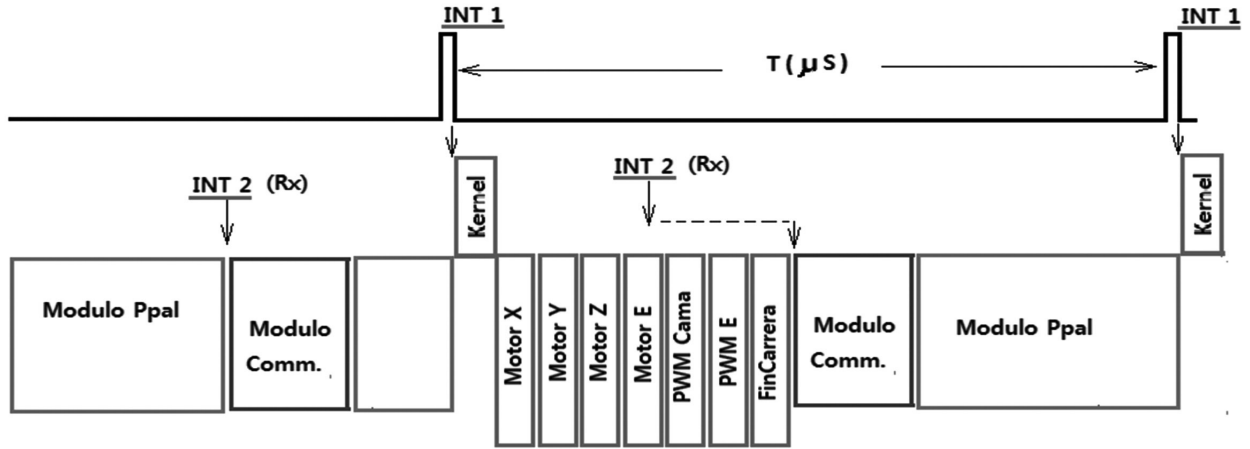
La interrupción INT2 (recepción de un dato) se puede presentar en dos momentos diferentes: mientras se está en primer plano, como se presenta a la izquierda en la gráfica 17, en cuyo caso COMM se ejecuta inmediatamente, devolviendo el control al módulo principal. La otra posibilidad es que INT2 se presenta mientras se está ejecutando el *kernel*, pero como este

Figura 10. Diagrama de flujo de datos del módulo PWM



Fuente: El Autor

Figura 11. Secuencias de ejecución de las tareas



Fuente: El Autor

deshabilitó el paso de interrupciones (menor prioridad), INT2 se atenderá solo al terminar la ejecución del *kernel*.

Respecto de INT2, que se produce cada vez que es recibido un Byte y asumiendo una velocidad de recepción de 9600 baudios con formato de 11 baudios/byte, se establece que, en el peor evento, se recibiría un byte cada 1.14 mS, por lo cual la posibilidad de que ocurra el último caso es muy baja.

Análisis de tiempos de interrupción

En una impresora 3D por extrusión de termoplástico, las velocidades de trabajo más comúnmente utilizadas son de 50mm/S a 60mm/S con velocidad de traslado del doble (Torres y Torres, 2012). La impresora diseñada utiliza un mecanismo con avance de 0,094248 mm/pulso (precisión mecánica teórica menor a 0.1 mm).

Asumiendo una velocidad máxima de 120 mm/S, se obtiene la frecuencia f_{clk} (frecuencia de pulsos al motor):

$$f_{clk} \geq [120\text{mm/S}] / [0.094248 \text{ mm/pulso}]$$

$$f_{clk} \geq 1274 \text{ pps (pulsos por Segundo)} \quad (5)$$

El período T necesario debe ser, al menos, la mitad del correspondiente a la frecuencia f_{clk} (5), Entonces T debe cumplir:

$$T \leq 1 / [2 * 1274 \text{ pps}] \leq 390 \mu\text{S} \quad (6)$$

Para reducir la *granularidad* al cambiar la velocidad del motor, se debe mantener el período T lo más pequeño posible, pero permitiendo la ejecución de todas las tareas concurrentes y dejando espacio para el desarrollo segmentado de las tareas de primer plano.

CONCLUSIONES

El diseño cuidadoso de las tareas concurrentes administradas por el *kernel*, evitando la presencia de bucles de ejecución no determinística y realizando el control de las salidas hardware según el valor de los almacenes de datos

(variables de memoria), facilita el diseño del *kernel*, al permitir que la ejecución de cada tarea se ejecute en un tiempo muy corto.

La utilización de banderas o semáforos es una manera sencilla de coordinar las comunicaciones entre tareas, pero se debe definir con claridad cuál objeto la activa (*set*), cuál la desactiva (*reset*) y en qué momento, para evitar bloqueos.

RECONOCIMIENTOS

El presente documento es uno de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto de investigación aplicada: *Diseño y fabricación de una impresora 3D por extrusión de termoplástico*, el cual fue patrocinado por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA (SENNOVA) y desarrollado en el Centro de Industria y la Construcción de la Regional Tolima en el año 2015.

Quiero expresar mi reconocimiento y agradecimientos a las aprendices Leidy Montero, Tecnóloga en Mantenimiento Electrónico Industrial y Julieth Ríos, Tecnóloga en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información; ellas fueron quienes con su entusiasmo y dedicación hicieron posible este trabajo.

REFERENCIAS

- Aldea Rivas, M. (2002). *Planificación de Tareas en Sistemas Operativos de Tiempo Real Estricto para Aplicaciones Empotradas* (Tesis doctoral). Recuperado de <https://marte.unican.es/documentation/tesis-mario.pdf>.
- Alfonsi, A. (2012). Desarrollo e Implementación de un Planificador de Tiempo Real Ejecutivo Cíclico en un Microcontrolador de Gama Media para Algoritmos de Control con Lazos Independientes, 5to Congreso Iberoamericano de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica (V Cibelec). Mérida, Venezuela.
- Barry, R. (2004). *Multitasking on an AVR*. Recuperado de [https://es.scribd.com/document/49299134/](https://es.scribd.com/document/49299134/Multitasking-on-an-AVR)
- Camargo, D., & Andrade, J. (2013). Análisis de Rendimiento de dos Sistemas Operativos en Tiempo Real implementados en dos Arquitecturas de Hardware para la selección del Sistema Embebido que soportará el Software Command And Data Handling de la Misión Satelital Libertad 2. En: Eleventh Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013) International Competition of Student Posters and Paper. Cancún, México.
- Crespo E., & Alonso, A. (2006). Una panorámica de los Sistemas de Tiempo Real. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. 3(2), 7-18. Recuperado de <https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/8121>.
- Díaz-Ramírez, A., Mejía-Álvarez, P., & Leyva-del-Foyo, L. (2013). Comprehensive comparison of schedulability tests for uniprocessor rate-monotonic scheduling. *Journal of applied research and technology*, 11(3), 408-436. doi: [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(13\)71551-7](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(13)71551-7)
- Drake, J., González, M., Gutiérrez, J., López, P., Medina, J., & Palencia, J. (2014). *Modeling and Analysis Suite for Real Time Applications*. Recuperado de https://mast.unican.es/mast_description.pdf
- Guevara, P., J. Valdez, J. S., & Delgado, G. (2014). Planificadores de tareas en tiempo real concurrentes: Una clasificación basada en funciones y teoría de conjuntos. *Revista Computación y Sistemas*, 18(4), 809–820. doi: 10.13053/CyS-18-4-1543
- Laplante, P., & Ovaska, S. (2012). *Real Time Systems Design and Analysis. Tools for the Practitioner. Fourth Edition*. Recuperado de <http://dl.finebook.ir/book/95/11575.pdf>
- Morales, G. (2014). *Sistema Operativo Multitarea de un Microcontrolador Programado en C++ y una interfaz programada en C#*. Recuperado de http://www.academia.edu/8021784/Sistema_Operativo_Multitarea_de_un_Microcontrolador_Programado_en_C_y_una_Interfaz_Programada_en_C_
- Pastor, F. (2004-2005). *Apuntes de la Asignatura SITR, Sistemas en Tiempo Real*. Recuperado de http://www.uv.es/gomis/Apuntes_SITR/
- Torres, E., León, J., & Torres, E. (2012). *Diseño y Construcción de una impresora 3D aplicando la técnica de Prototipado rápido modelado por deposición fundida*. Ponencia llevada a cabo en el Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica, Buenos Aires, Argentina.
- Uzcátegui, E., Dinarle, O., & Delgado, D. (2009).

Metodologías de desarrollo para sistemas de tiempo real. Un estudio comparativo. *Revista Universidad, Ciencia y Tecnología*, 13(50), 59-66. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212009000100008

Yépez, J., Guardia, J., Velasco, M., Ayza, J., Marti, P., & Fuertes, J. (2005). *Ciclic: Herramienta Para Crear Planificadores Cíclicos Factibles*. Recuperado de <http://www.aurova.ua.es/previo/ja2005/comu/3191-JornadasAutomatica2005.pdf>

Yépez, J. (2007). *Diseño e Implementación de una Herramienta para la Planificación de Ejecutivos Cíclicos*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4451/Memoria.pdf?sequence=1>

Cómo referenciar este artículo

Mora Méndez, M. L. (2017). Diseño de un kernel de tiempo real para el control de una impresora 3D. *Revista Vía Innova*, 4(4), 4-21. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1177>

Sistema de navegación y exploración visual articulado por técnicas de inteligencia artificial, para la movilidad de personas en condición de discapacidad visual

Navigation and visual exploration system articulated by artificial intelligence techniques, for the mobility of people visually impaired

JUAN MANUEL ALDANA PORRAS¹

JOHN FREDY MONTES MORA²

RESUMEN

La vida de una persona en condición de discapacidad visual se ve afectada por muchos factores, uno de ellos es la movilidad dentro de la ciudad. Por lo cual, el objetivo principal de este estudio es la creación de un dispositivo de exploración y navegación para personas en estado de discapacidad visual, que funciona a partir de técnicas de inteligencia artificial, que permiten al usuario sortear los obstáculos presentes en las calles de la ciudad. Así pues, se efectuó una revisión de diferentes técnicas de visión computacional, con el ánimo de establecer aquellas que se ajusten a los requerimientos del problema, y que a su vez van a cimentar el funcionamiento del dispositivo propuesto, el cual, parte de dos elementos centrales: unas gafas encargadas de recoger la información del medio —cámaras— y un medio de procesamiento —*raspberry*— que consienten procesar y realizar un escaneo tridimensional del entorno. La evaluación del dispositivo se efectuó utilizando como instrumento de medición una matriz de confusión, en un recorrido trazado en la ciudad de Ibagué, del cual se obtuvo una tasa de detección del 90 %; exactitud del 80 % y precisión del 86 %. Estos datos resultan ser satisfactorios, aún más cuando el dispositivo se probó en escenarios reales, donde las condiciones cambiantes dificultan la detección de obstáculos, que admite considerarlo como un sistema base robusto y con capacidad de mejora constante.

Palabras clave: Inteligencia artificial, discapacidad visual, movilidad social.

Recibido: 31/07/2017 Aceptado: 25/10/2017.

¹ Ingeniero de Sistemas, investigador Inteligencia Artificial, Semillero de Investigación: CODESIST, Grupo de Investigación: GIDESTEC. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Correo electrónico: juan.aldana@unad.edu.co

² Ingeniero de Sistemas con énfasis en Telecomunicaciones, Especialización: Especialista en Informática y Telemática, Candidato a Magister en E-Learning UNAB-UOC. Semillero de Investigación: CODESIST, Grupo de Investigación: GIDESTEC. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. john.montes@unad.edu.co

ABSTRACT

The life of a person visually impaired is affected by many factors, one of them is the mobility within the city, therefore, the main objective of this study is the creation of an exploration and navigation device for people in a state of visual disability, which works from artificial intelligence techniques, which allow the user to overcome the obstacles present in the streets of the city. This being the case, a review of different computational vision techniques was carried out, in order to establish those that fit the requirements of the problem, and that they are going to found the operation of the proposed device, which starts from two central elements: glasses responsible for collecting information from the environment - cameras - and a processing medium - raspberry - that allow processing and performing a three-dimensional scanning of the environment. The evaluation of the device was made using as a measurement instrument a confusion matrix, in a route traced in the city of Ibagué, from which a detection rate of 90% was obtained; 80% accuracy and 86% precision. These results turned out to be satisfactory, specially because the device was tested in real scenarios, where the changing conditions made it difficult to detect obstacles, which allows it to be a robust base system with constant improvement capacity.

Keywords: Artificial intelligence, visual disability, social mobility.

INTRODUCCIÓN

La vida de una persona en condición de discapacidad visual se ve afectada por muchos factores; uno de ellos es la movilidad. La dificultad para desplazarse de manera segura por la ciudad es uno de los principales obstáculos en su inclusión laboral y social, y aunque sus necesidades específicas suelen variar y dependen del tipo de discapacidad visual, su edad y habilidad adquirida para llevar a cabo tareas rutinarias, la ciudad de Ibagué no está construida para favorecer a este tipo de población, que tiene que lidiar con los mismos problemas de movilidad de cualquier ciudadano pero con una percepción limitada de su entorno, tal como lo plantea ONCE (2011):

La visión es, de todos los sentidos, el que más información proporciona, y es crucial para realizar las actividades cotidianas. Tiene un papel muy importante en la comunicación y, por tanto, en las relaciones que se precisan para vivir en sociedad. (s.p.)

Para entrar en contexto, la infraestructura de la ciudad representa todo un reto para una persona invidente al momento de desplazarse a través de ella. La cantidad de obstáculos que puede encontrar van desde postes mal ubicados, espacio público limitado, desniveles, escaleras, salientes en los andenes, hasta cualquier tipo de objeto que esté fuera del rango de acción del bastón, es decir, de la cadera hacia arriba. Lo anterior representa un riesgo para su integridad, por lo cual, se ven obligados a ir siempre guiados por un acompañante; situación que limita en gran medida su autonomía y dificulta su proceso de inclusión a la vida laboral y académica.

Por otra parte, se han desarrollado dispositivos de ayuda para personas en condición de discapacidad visual, la mayoría de ellos están relacionados con soluciones que implementan algún tipo de sensor electrónico, pero ninguno ha sido capaz de tener éxito comercial. Esto, debido en parte a tres grandes aspectos:

Figura 1. Obstáculos fuera del alcance del bastón, postes situados en medio del andén sin cumplir la reglamentación establecida y vehículos mal ubicados



Fuente: Elaboración Propia

1. Interfaz de usuario que es poco clara y en muchos casos requiere entrenamiento por parte del beneficiario.
2. Bajo porcentaje de detección sumado a costos elevados.
3. Una estética poco cuidada.

Así pues, es necesaria la implementación de nuevas tecnologías que sean capaces de suplir este tipo de requerimientos, y es allí donde las técnicas de inteligencia artificial comienzan a tomar un valor relevante, inician en su estado de madurez y el creciente interés por parte de la industria a nivel mundial en sus beneficios. Ello ha permitido que este campo interdisciplinar haya tenido un crecimiento acelerado durante la última década; por consiguiente, uno de los aspectos de la inteligencia artificial que más se ha visto favorecido es la Visión Computacional, que impulsado en los crecientes avances de tecnologías de procesamiento de datos ha permitido que su utilización se lleve a

dispositivos cada vez más pequeños. Ello pone a nuestra disposición todo un conjunto de herramientas que posibilitan el desarrollo de estudios de índole específica como este, tal como lo expone Raducanu et al., (2013):

En los últimos años se ha visto un interés muy grande en el desarrollo de tecnologías para la asistencia de personas invidentes, algunos usan sensores ultrasónicos, infrarrojos o laser para la detección de objetos de interés. La visión artificial, a diferencia de estas tecnologías, permite una interpretación cognitiva del entorno, ofreciendo un mayor grado de reproducción de la realidad, a cambio de mayor complejidad en el procesamiento de la información. (s.p.)

Así pues, se propone la implementación de un dispositivo de navegación y reconocimiento tridimensional, mediado por técnicas de inteligencia artificial y visión computacional que sea capaz de reconocer obstáculos y elementos específicos del medio ambiente, y

que se convierte en el punto de partida para una segunda fase del estudio, en la cual se pretende integrar el detector tridimensional de obstáculos desarrollado en esta primera etapa y el cual se expone en este artículo, a una interfaz completa de comandos de voz con la capacidad de guiar al usuario invidente de forma segura a través de la ciudad.

METODOLOGÍA

El desarrollo de este estudio se realizó bajo un modelo de investigación de tipo aplicada en donde los datos analizados en él se procesaron de forma cuantitativa con un enfoque experimental.

Dispositivo de Pruebas

Para llevar a cabo las pruebas de campo y recolección de datos se diseñó un dispositivo de pruebas que parte de las necesidades específicas del estudio, por lo cual el medio principal de captura de datos está conformado por un par de cámaras digitales a manera de sistema estereoscópico que están conectadas a un módulo de procesamiento y una fuente de energía portable. El dispositivo se muestra en la Figura 2, todo el sistema se cimienta sobre Arch Linux ARM, C++ y OpenCV.

Figura 2. Dispositivo de pruebas implementado, compuesto por dos cámaras digitales



Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo del Clasificador

Uno de los grandes retos a los que se enfrenta el dispositivo propuesto es la necesidad de actuar bajo contextos cambiantes. Por ello, el principal problema gira en torno a la detección de objetos u obstáculos en la calle, en los cuales inciden varios factores:

- Cambios en la intensidad de luz.
- Movimiento natural del usuario al caminar.
- Escenarios complejos, con varios obstáculos cercanos o sobrepuestos.
- Ruido generado de manera natural por pequeñas discontinuidades al momento de tomar las imágenes que generan saltos de imagen.
- Superficies poco uniformes que en algunos casos generan bloques de píxeles que producen detecciones erróneas.

Partiendo de estos limitantes, se llevó a cabo de forma metódica la evaluación de diferentes técnicas de visión computacional, con el fin de establecer un algoritmo de detección global que se ajuste a los objetivos planteados en el estudio.

Diseño Contrastación de Hipótesis

Para evaluar de forma cuantitativa la calidad y efectividad del detector de objetos dentro de un contexto general, se trabajó con una matriz de confusión; esta es una técnica ampliamente utilizada dentro de la visión computacional para la verificación de clasificadores. Para ello se establecieron las siguientes variables:

Variables independientes:

- Reales Positivos
- Reales Negativos
- Falsos Positivos
- Falsos Negativos

Variables dependientes:

- Tasa de detección
- Tasa de Error
- Exactitud
- Precisión

Tasa de Detección = Reales Positivos/Objetos Ground Truth (Del mismo tipo de clase).

Tasa de Error = 1 - Tasa de Detección.

Tasa de Detección Global = Reales Positivos/Objetos GroundTruth.

Detecciones Totales = Total reales positivos + Total reales negativos + Falsos Positivos.

Exactitud = Reales Positivos / Detecciones Totales.

Presión = Reales Positivos/Reales Positivos + Falsos Positivos.

Al ser los reales positivos y negativos detecciones correctas en cada una de sus categorías; y los falsos negativos y falsos positivos, detecciones incorrectas dentro de cada una de sus clases, tal como se ilustra en el ejemplo para un detector arbitrario enfocado al reconocimiento de personas:

Las pruebas de campo se deben efectuar en contextos controlados, donde se pueda establecer de forma clara el conjunto base ideal (Ground Truth) a partir de la cantidad de muestras (obstáculos) a analizar mediante el programa de reconocimiento.

Figura 3. Ejemplo de Matriz de Confusión

		Resultado Clasificación	
		PERSONA	NO-PERSONA
Instancias Reales	PERSONA	Reales Positivos	Falsos Negativos
	NO-PERSONA	Falsos Positivos	Reales Negativos

Fuente: Valveny, E., Varnell, M., & López, A.

Por otra parte, para la definición de las variables dependientes se establecen las siguientes fórmulas, y se realiza la salvedad con respecto al Ground Truth, que dentro del contexto particular de la visión computacional es el resultado ideal que debería producir un clasificador cualquiera:

RESULTADOS

Algoritmo de detección objetos 3D

Al tener en cuenta los requerimientos establecidos para el desarrollo de este, es necesaria la utilización de un algoritmo para el cálculo de disparidad que permita contrarrestar hasta cierto punto este tipo de requerimientos, por lo cual se evaluó el rendimiento de dos técnicas ya establecidas y ampliamente usadas dentro de la visión computacional, la primera, un algoritmo de correspondencia densa local Block Matching y, la segunda, un algoritmo de correspondencia densa híbrida SGBM. El primero se caracteriza por ser un algoritmo que busca correspondencia para cada pixel de la imagen y, posteriormente, se establece la equivalencia con otro pixel del segundo plano, que parte de la similitud de los pixeles vecinos de una imagen específica. Este algoritmo tiene

un enfoque rápido y su costo computacional es bajo, en contraprestación tiende a poseer problemas relacionados con la textura, ya que no es lo suficientemente diferenciada de su entorno, razón por la cual las correspondencias obtenidas pueden ser parciales. Por otro lado, el algoritmo híbrido SGBM es un algoritmo a mitad de camino entre algoritmos locales como el (BM) y unos algoritmos de densidad global (SGM) más complejos. Para ello se divide la imagen en un determinado número de recuadros, en los cuales la búsqueda de emparejamiento se realiza al minimizar la función de energía a nivel de todo el recuadro. Esto le permite realizar mejores detecciones sin ser tan costoso, computacionalmente,

como los algoritmos de densidad globales, pero con la obtención de mejores resultados con estructuras sólidas o uniformes.

Para realizar la evaluación de estas técnicas, se realizaron distintas pruebas bajo condiciones reales que tratan de establecer escenarios complejos que reflejarán de manera clara, las falencias y virtudes que puede presentar cada uno de los algoritmos para la detección de objetos en el medio en el cual tienen que desenvolverse. En las Figuras 3 a 6 se exponen imágenes de las pruebas realizadas con los algoritmos, las imágenes de entrada del sistema son de tamaño 320x240, un punto ideal que otorga a ambos algoritmos desenvolverse con soltura.

Figura 4. Imágenes de evaluación. Imagen izquierda e imagen derecha capturadas con el dispositivo de pruebas, a 320x240 pixeles de resolución



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Resultados de la comparación de algoritmos. A la izquierda el algoritmo BM y a la derecha el algoritmo SGBM



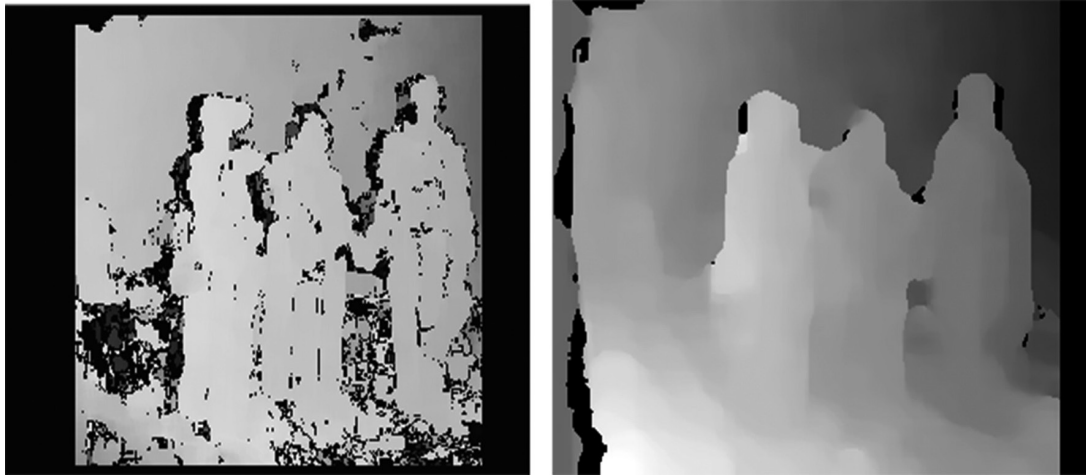
Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Imágenes de evaluación. Imagen izquierda e imagen derecha capturadas con el dispositivo de pruebas, a 320x240 pixeles de resolución



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Resultados de la comparación de algoritmos. A la izquierda el algoritmo BM y a la derecha el algoritmo SGBM



Fuente: Elaboración Propia

En las pruebas realizadas el algoritmo SGBM mostró ser más robusto a cambios de ambientes y variaciones de luz; por otra parte, el algoritmo BM manifiesta grandes falencias al instante de detectar elementos sólidos, debido a que en superficies uniformes se le dificulta encontrar correspondencias para cada pixel de la imagen, por lo cual tiende a delimitar objetos que no

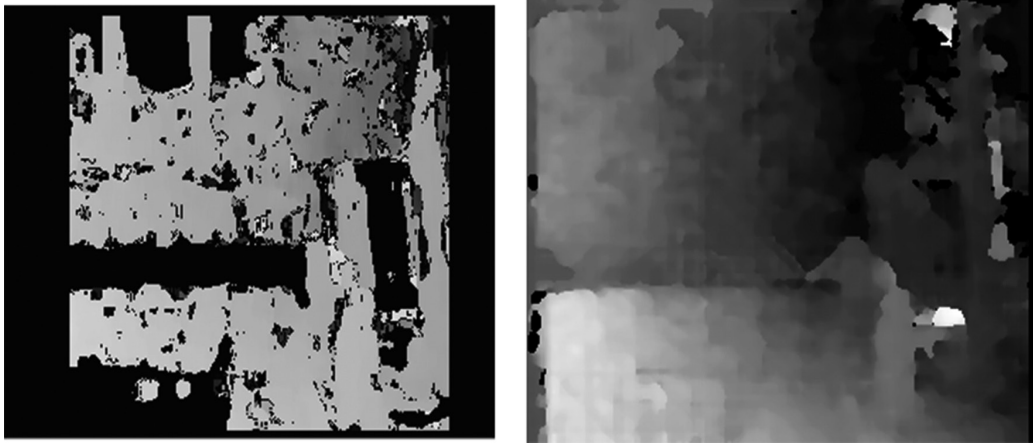
se pueden establecer como tridimensionales —contenido de una pancarta o la señalización de una carretera (líneas blancas)— que las reconoce como un obstáculo más, tal como se presenta en las Figuras 7 y 8.

Figura 8. Imágenes de entrada al sistema tomadas por las cámaras derecha e izquierda del dispositivo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Resultados de comparación de algoritmos. A la izquierda el algoritmo BM y a la derecha el algoritmo SGBM



Fuente: Elaboración Propia

Por lo anterior, el algoritmo SGBM fue el utilizado como base de detecciones del dispositivo, y aunque es más costoso computacionalmente, en contraprestación genera un mapa de disparidad sólido, que facilita enormemente la detección de objetos.

Algoritmo de Detección Global

Una vez establecida la técnica base a utilizar como medio de mapeo tridimensional, fue necesario establecer condiciones de pre y posprocesado de la imagen, con el fin de contrarrestar las

Figura 10. Matriz aplicada. A la izquierda la imagen original capturada por una de las cámaras del sistema estéreo. A la derecha la imagen después de ser convertida a escala de grises y aplicar la matriz tipo GaussianBlur



Fuente: Elaboración Propia

condiciones cambiantes de luz y el movimiento propio del usuario. Para ello se diseñó un algoritmo de detección global que facilita extraer de forma más precisa la información obtenida a partir del sistema estéreo.

Así pues, en la primera parte del algoritmo se convierten las imágenes de entrada del dispositivo de pruebas a escala de grises (0 - 255). Posteriormente se ejecuta una matriz de tipo GaussianBlur a modo de preprocesado, que suaviza de manera uniforme la imagen, como se muestra en la Figura 9.

Luego de aplicarse la matriz se genera el mapa de disparidad a partir de las imágenes procesadas mediante el algoritmo SGBM. Por otra parte, debido a que el radio de interés (detección de obstáculos) se limita a elementos cercanos a las cámaras, un punto ideal es la segmentación de objetos cercanos, que permiten establecer una normalización del mapa de disparidad generado, esto no solo facilita la detección de contornos

cercanos, sino que, contribuye a eliminar el ruido generado por cambios en la intensidad de luz. Para ello se normaliza la imagen dentro de parámetros específicos beta y alfa:

$$\alpha = 255 / \max - \min$$

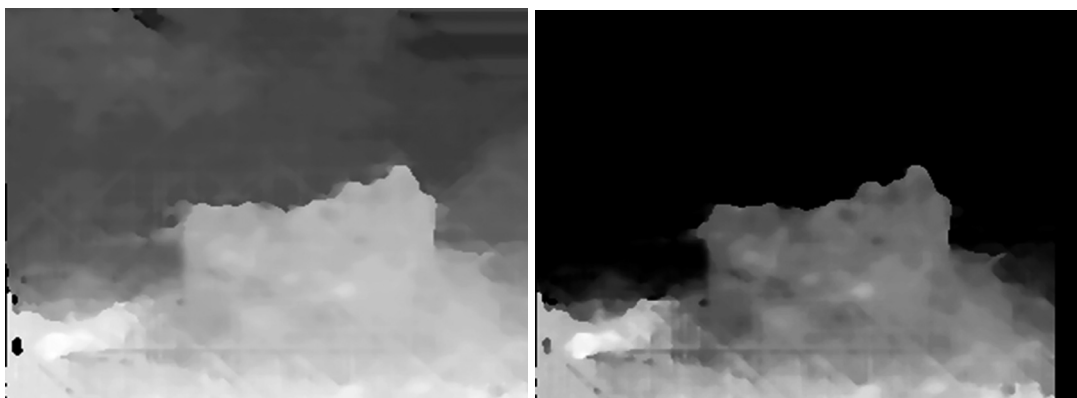
$$\beta = -\min * \alpha$$

El valor alfa es igual al rango superior en la escala de grises (255) sobre la diferencia de los valores mínimos y máximos establecidos para la imagen. Para este caso particular se estableció un valor mínimo de 140 y un máximo de 242; posteriormente se normaliza la imagen, pixel a pixel:

$$\text{Pixel}(x,y) = \alpha * (*\text{this}(x,y)) + \beta$$

Como resultado de esta normalización se reduce el rango de incidencia del mapa de disparidad, y, en este sentido, se elimina gran parte de los objetos que se encuentren a una distancia mayor sin dejar de delimitar objetos cercanos, tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 11. Normalización del mapa de disparidad. A la derecha el mapa de disparidad original y a la izquierda el mapa de disparidad normalizado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. División de zonas de interés, ROI, zona 1



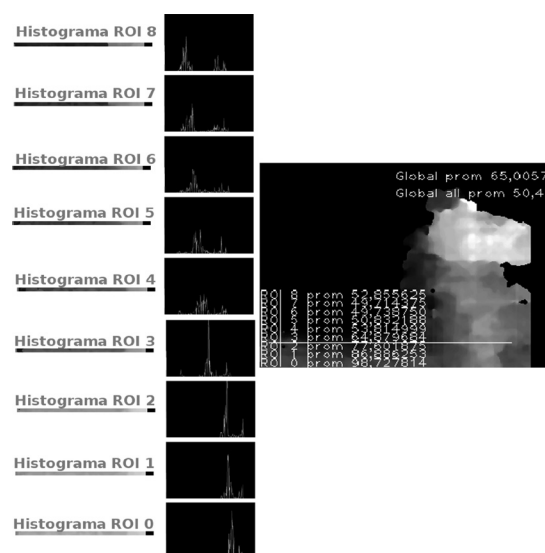
Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecido un mapa de disparidad acoplado a los requerimientos del problema, se procede a delimitar las áreas de interés que surgen de las discontinuidades que puede generar el mapa de disparidad, debido a que los píxeles que representan objetos cercanos tienden a tomar un rango de valores similares a los del suelo que dificultan su delimitación. Por ello, se establece una zona de interés, que permite transigir una referencia constante de los objetos cercanos respecto al suelo, para lo cual, la zona se subdivide en 9 Regiones de Interés (ROI), cada una de las cuales tiene una longitud de 300 x 10 píxeles, que parten desde las coordenadas X=20, Y=150, tal como se ilustra en la Figura 11.

Cada una de las regiones de interés aporta información relevante acerca de todos los píxeles que se encuentran en ella. Por tanto, se calcula el histograma en cada segmento y, posteriormente, se encuentra el valor promedio de los píxeles de esa zona en cuestión, como se ilustra en la Figura 12, donde el ROI 0 es el primer segmento de la parte inferior y el 8

es el último de la parte superior. Así pues, se puede establecer una línea de horizonte que cambia dinámicamente que se origina de las condiciones exteriores, y logra las detecciones erróneas generadas por ruido, movimiento e intensidad de luz.

Figura 13. Regiones de Interés (ROI), cálculo de histogramas

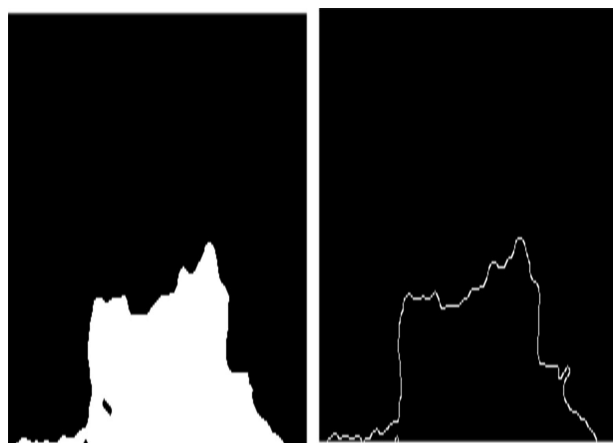


Fuente: Elaboración Propia

Una vez se ha obtenido un mapa de disparidad normalizado, con una línea de horizonte establecida, es necesario extraer los objetos encontrados en él; para ello se realiza una umbralización a partir de un límite (thresh) previamente determinado. Posteriormente se segmentan los contornos encontrados en la imagen, a partir de sus momentos, y así extraer los objetos encontrados. La Figura 13 ilustra el proceso:

Figura 14. Ejemplo de umbralización y contornos.

A la izquierda la imagen umbralizada, producto del mapa de disparidad. A la derecha los contornos encontrados en la misma imagen



Fuente: Elaboración Propia

Detección Final

Una vez realizado todo el proceso expuesto, en la Figura 14 se puede observar el resultado final del detector.

Figura 15. Detección final del algoritmo propuesto



Fuente: Elaboración Propia

Validación Dispositivo

Para evaluar el rendimiento general de detector de obstáculos y partiendo del diseño planteado para la contratación de hipótesis, se implementó una prueba a partir de escenarios con cierta complejidad. La idea principal era evaluar el dispositivo en entornos reales, que permitan determinar de manera eficaz el rendimiento del mismo, por ello se estableció un recorrido de dos kilómetros a lo largo del centro de la ciudad de Ibagué.

Los obstáculos del recorrido se identificaron con anterioridad para efectuar el correspondiente Ground Truth (cantidad de muestras reales). Así pues, se identificaron una cantidad total de 359 obstáculos, cabe aclarar que para elementos como las paredes se estableció rango de acción de la longitud de la casa o construcción a la que pertenecían, es decir, la pared de una casa equivale a un obstáculo; esto para facilitar la toma de datos y evitar interpretaciones ambiguas o poco objetivas. Igualmente, el recorrido se llevó a cabo con el dispositivo de

prueba (vídeo, anexo 1) que permitió capturar las muestras correspondientes para su posterior análisis. A partir de allí se obtuvieron los siguientes resultados.

Ground Truth: 359

Total, Reales Positivos = 328

Total, Reales Negativos = 31

Total, Falsos Positivos = 51 (detecciones erróneas a causa del ruido)

Tasa de Detección Global = Reales Positivos/Objetos GroundTruth

Tasa de Detección Global = $328/359 = 0,91$

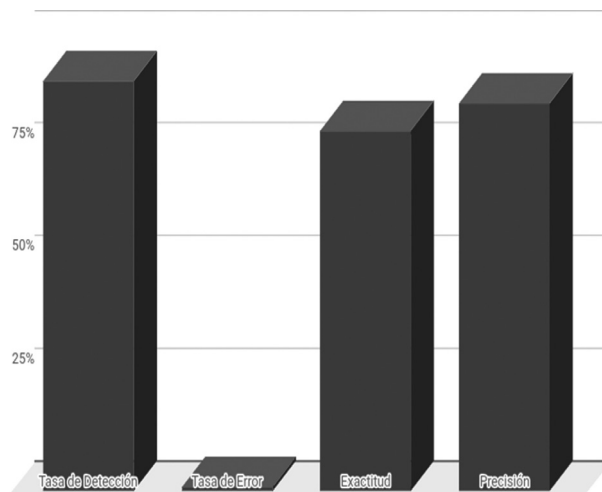
Tasa de Error = $1 - \text{Tasa de Detección Global} = 0,09$

Detecciones Totales = Total reales positivos + Total reales negativos + Falsos Positivos = $328+31+51 = 410$

Exactitud = Reales Positivos / Detecciones Totales = $328/410 = 0,80$

Presión = Reales Positivos/Reales Positivos + Falsos Positivos = $328/328+51 = 0,86$

Figura 16. Relación porcentaje, tasa de detección, tasa de error, exactitud y precisión



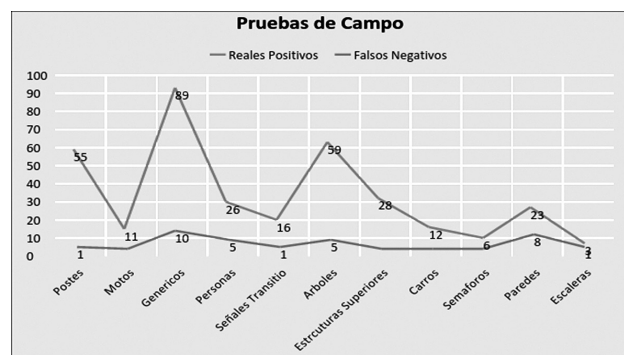
Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, los obstáculos se dividieron en 12 categorías y aunque todos se identifican de manera genérica, desde el punto de vista del dispositivo, esta división se realiza para interpretar mejor los resultados; a partir de las condiciones morfológicas de cada uno de ellos. Esto es un punto de partida para mejoras posteriores del dispositivo:

- Postes
- Motos
- Genéricos (arbustos, canecas, salientes, publicidad, etc.)
- Personas
- Señales de tránsito
- Árboles
- Estructuras superiores (obstáculos que se encuentren por encima de la cadera)
- Carros
- Semáforos
- Paredes
- Escaleras

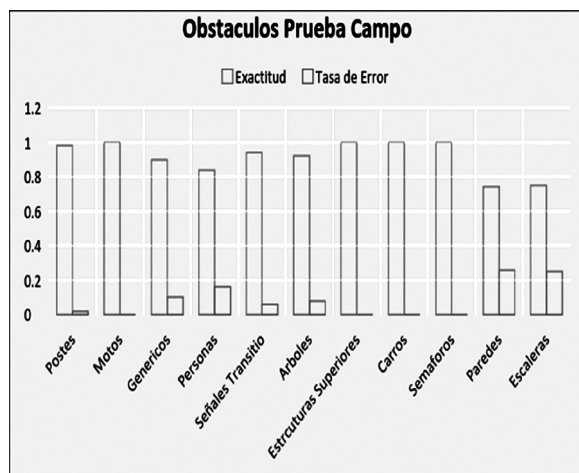
A partir de la misma metodología aplicada para el detector en sus valores globales, se calculó de forma separada la exactitud y la precisión para cada una de las categorías:

Figura 17. Gráfica de relación para los obstáculos encontrados entre los falsos negativos y los reales positivos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18. Relación de datos obstáculos, tasa de detección y tasa de error



Fuente: Elaboración Propia

De estos datos podemos resaltar la tasa de detección, que se encuentra por encima del 90 %, la exactitud al momento de encontrar los obstáculos está sobre el 80 % y la precisión está sobre el 86 %. Así mismo, cabe destacar que las pruebas se realizaron en entornos reales, y se deja un campo amplio de mejora que permita que el dispositivo sea más robusto y resistente a cambios del ambiente.

CONCLUSIONES

El sistema de detección de obstáculos evidenció ser robusto frente a la identificación de elementos grandes y a cortas distancias con relación al dispositivo. Por otra parte, al tener que mantener una línea de horizonte dinámica, el sistema tiende a perder obstáculos que estén a baja altura o en el suelo, como, por ejemplo, huecos, andenes y salientes pronunciadas; además de desniveles y vacíos en el piso. Igualmente, algunas partes del mapa de disparidad tienen un margen considerable de mejora, lo cual conlleva

a poseer mejores detecciones, más detalladas y con menor cantidad de ruido. Para ello se espera contar con un módulo de procesamiento más potente para trabajar con mayor resolución de imagen. También con la utilización de cámaras con estabilización óptica que contribuyan a eliminar ruido dentro de las detecciones, generado por el movimiento del usuario.

Como segunda fase de este estudio se espera perfeccionar el detector de obstáculos, así se integran distancias a los objetos encontrados y un módulo que le permita ser un sistema de realidad aumentada y, en este sentido, efectuar el reconocimiento de rostros, etiquetas, etc., adicionando un dispositivo GPS que apruebe guiar al usuario a puntos específicos.

REFERENCIAS

- Aldana Porras, J. (Productor). (2017). *Lazarillo digital* [https://www.youtube.com/watch?v=fu_DDIwp4T4]. Ibagué, Tolima.
- Alba, F., Castejón, M., González, A., Martínez de Pisón, J., Ordieres, J., Pernía, A., & Vergara, E. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial*. Universidad de La Rioja: Servicio de Publicaciones.
- Alvarado, P. (2013). *Visión por Computador*. Recuperado de <http://www.ie.itcr.ac.cr/siplab/index.php/PabloAlvarado/MScVisi%C3%B3nPorComputador>
- Johnson, L., & Higgins, C. (2006). *A navigation aid for the blind using tactile-visual sensory substitution*. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17945950>
- Khan, A., Moideen, F., López, J., Khoo, W., & Zhu, Z. (2006). KinDetect: Kinect Detecting Objects. *En Computers Helping People with Special Needs*, (LNCS7383), 588–595.
- Meers, S., & Ward, K. (2005). A Substitute Vision System for Providing 3D Perception and GPS Navigation via Electro-Tactile Stimulation. *En International Conference on Sensing Technology*, 551–556.
- Nalwa, V. S. (1993). *A Guided tour to computer vision*. Michigan, Estados Unidos: Addison- Wesley.
- Organización Nacional de Ciegos Españoles. (2011).

Discapacidad Visual y Autonomía personal. Madrid, España: IRC.

Raducanu, B., Salas, J., & Terven, J. (2013). *Estado del Arte en Sistemas de Visión Artificial para Personas Invidentes*, *Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial*. Recuperado de: <http://refbase.cvc.uab.es/files/TSR2013a.pdf>

Revuelta, Sanz, P. et al. (2013). ATAD: Una Ayuda Técnica para la Autonomía en el Desplazamiento. *Revista Española de Discapacidad*, I(2): 143-154. doi: [dx.doi.org/10.5569/2340-5104.01.02.09](https://doi.org/10.5569/2340-5104.01.02.09)

Russell, S., Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno*. Segunda Edición. Madrid, España: Pearson Educación S.A.

Hernández García, R., García Reyes, E., Ramos Cózar, J., & Guil Mata, N. (2014). Modelos de representación de características para la clasificación de acciones humanas en video: estado del arte. *En Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8(4), 21-51.

Valveny, E., Varnell, M., & López, A. (2015). *Detección de Objetos*. Recuperado de <https://www.coursera.org/learn/deteccion-objetos/home/welcome>

Velázquez R., Fontaine E., & Pissaloux, E. (2006). Coding the Environment in Tactile Maps for Real-Time Guidance of the Visually Impaired. *En IEEE International Symposium on MicroNano Mechanical and Human Science*, pp. 1– doi: 10.1109/MHS.2006.320235

Zhang, Z. (1999). Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations. *En Computer Vision*. 1, pp. 666-673. doi: 10.1109/ICCV.1999.791289

Cómo referenciar este artículo

Aldana Porras, J. M., & Montes Mora, J. F. (2017). Sistema de navegación y exploración visual articulado por técnicas de inteligencia artificial, para la movilidad de personas en condición de discapacidad visual. *Revista Vía Innova*, 4(4), 22-36. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1178>

Conceptos técnicos para comprender los Sistemas de Gestión de Baterías BMS

Technical concepts to understand the Battery Management Systems BMS

MARCELA GONZÁLEZ VALENCIA¹

LUZ ADRIANA TREJOS GRISALES²

RESUMEN

Con el avance de las tecnologías en los sistemas de energía renovable, vehículos eléctricos e híbridos, y otros dispositivos portátiles, se ha incrementado considerablemente la necesidad de optimizar el funcionamiento de las baterías. En la actualidad, una buena opción para lograrlo, son los Sistemas de Gestión de Baterías (BMS).

Una aplicación Battery Management System (BMS) determina la calidad y duración de las baterías. En realidad, existen varios parámetros a considerar cuando se analizan los sistemas de almacenamiento de energía, como se mencionan aquí. Este artículo presenta una revisión de los tipos/modelos de baterías recargables, los *conceptos básicos de su comportamiento y algunos aspectos comerciales* relacionados con proyecciones de uso y fabricantes emergentes.

Palabras clave: Sistema de Gestión de Baterías, estado de carga, estado de salud, energías alternativas, almacenamiento de energía.

Recibido: 28/07/2017 Aceptado: 25/10/2017.

ABSTRACT

With the advancement of technologies in renewable energy systems, electric and hybrid vehicles, and other portable devices, the need to optimize the operation of batteries has increased considerably.. Currently, a good option to achieve this, are the Battery Management Systems (BMS).

A Battery Management System (BMS) application determines the quality and duration of the batteries. Actually, there are several parameters to consider when analyzing energy storage systems, as mentioned here. This article presents a review of the types / models of rechargeable batteries, the basic concepts of their behavior and some commercial aspects related to use projections and emerging manufacturers.

Keywords: Battery Management Systems, state of charge, health condition, alternative energies, energy storage.

¹Ingeniera Electrónica, Tecnoparque nodo Pereira, Línea de Electrónica y Telecomunicaciones. Correo electrónico: margonzalez@sena.edu.co

²Magíster en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación en Materiales Avanzados y Energía. Correo electrónico: luztrejos@itm.edu.co

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda en la sustitución de combustibles fósiles por electricidad y la gradual cuota de mercado de los vehículos eléctricos, ha dado lugar a una nueva Área de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) donde se espera que las baterías sean seguras, económicas y eficientes con larga vida útil (Momayyezán, Hredzak & Agelidis, 2016; Morstyn, 2016). Por ejemplo, Chevrolet (GM-Volt.com., 2007) y Tesla Motors (Markoff, 2009) han producido vehículos eléctricos utilizando varios cientos y varios miles de celdas de la batería, respectivamente.

En la actualidad, las baterías están presentes en toda clase de dispositivos electrónicos, desde relojes pequeños, portátiles, teléfonos móviles, altavoces inalámbricos, herramientas eléctricas, satélites, vehículos eléctricos, fuentes de alimentación ininterrumpida, microrredes de energía, entre otras aplicaciones con fuentes renovables de energía. Los dispositivos electrónicos recientes tienen mayor movilidad, son más ecológicos que sus antecesores y presentan una alta tasa de desarrollo, gracias a los avances en la fabricación y a los nuevos tipos de baterías existentes. Además, debido a la eficiencia en la cantidad de energía que puede almacenar una batería, los tamaños han disminuido significativamente (Zuo & Zhang, 2016).

Por otro lado, es necesario considerar las condiciones de operación normales para las baterías como conexiones, temperaturas y proceso de carga/descarga. Usualmente, para aumentar el voltaje, la corriente o la capacidad, se emplean diferentes tipos de conexión, es

decir, que varias baterías se combinan por medio de uniones en serie o en paralelo. Cuando se cargan o descargan, estas deben ser manejadas con cuidado, debido a los procesos químicos internos, lo cual conlleva a utilizar Sistemas de Gestión capaces de protegerlas y de conseguir la mayor cantidad posible de energía, maximizando su tiempo de operación y vida.

Los Sistemas de Gestión de Baterías son necesarios para proporcionar un mejor rendimiento y, por esta razón, se deben monitorear las siguientes variables: estado de carga o State of Charge (SoC), el estado de salud o State of Health (SoH), rendimiento y duración de la batería, proceso de carga y descarga (Haq, Leksono, Edi & Iqbal, 2014; Rodríguez, Gómez & Campos, 2015; Xing, Ma, Tsui & Pecht, 2011).

En este artículo se presentan los conceptos técnicos y comerciales básicos para comprender los Sistemas de Gestión de Baterías. En la sección I se exponen los tipos y modelos de baterías recargables; luego, en la sección II se definen los conceptos básicos de su funcionamiento. En la sección III se mencionan algunos aspectos comerciales relacionados con proyecciones de uso y fabricantes emergentes (start-ups) y, posteriormente, la sección VI contiene las conclusiones y comentarios finales del artículo.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En este artículo se ha utilizado una metodología de investigación *perceptual*, es decir, se buscó, ordenó y analizó conocimiento externo y superficial de los sistemas de gestión de baterías. En términos muy generales, por medio de la

investigación *descriptiva* se logran exponer las principales clasificaciones de los tipos y modelos de baterías, las características técnicas de operación más relevantes y algunas consideraciones comerciales importantes; es necesario mencionar el aspecto comercial de esta tecnología emergente, ya que es su rentabilidad es la que determinará si esta tecnología continuará en desarrollo o perderá vigencia en un corto plazo de tiempo.

Tipos y modelos de baterías

Los tipos de baterías se dividen según su composición química interna y los modelos según el conjunto de ecuaciones matemáticas/ condiciones iniciales asumidas.

Las baterías recargables o baterías secundarias son aquellas que se pueden cargar y descargar varias veces. Estas han ganado importancia debido a su potencial de uso, su aceptable costo de recarga y su bajo impacto ambiental, en comparación con las baterías no recargables. Basado en la química interna y los materiales utilizados, hay diferentes tipos de baterías disponibles en el mercado (Hu, Cao & Edgardt, 2017; Kanapady, Kyle & Lee, 2017; Sangwan, Sharma & Kumar, 2017).

Tipos de baterías

Plomo ácido, níquel cadmio (NiCd), el hidruro de metal de níquel (NiMH) y el ion de litio (Li-ion) son algunas de las baterías recargables conocidas. Las características de rendimiento de cada una son diferentes y dependen de sus respectivas particularidades químicas internas y estrategias de operación (Battery University, s.f.; Rao, Vrudhula & Rakhmatov,

2003; Suresh, Tanneru & Rengaswamy, 2016). A continuación, se presentan las principales propiedades de cada una de ellas:

- *Plomo Ácido*: Este es el tipo más antiguo de baterías recargables. El plomo ácido es resistente, robusto y tiene un bajo costo, pero tiene un nivel de energía específica bajo. El plomo ácido se utiliza en sillas de ruedas, coches de golf, vehículos pequeños de transporte, iluminación de emergencia y fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS). El plomo es tóxico y no se puede depositar en vertederos.

- *Níquel Cadmio (NiCd)*: Se utiliza cuando se requiere larga vida útil, alta corriente de descarga y se presentan altas temperaturas de operación. NiCd es una de las baterías más resistentes y duraderas; es la única batería química que permite un proceso de carga ultrarápida con mínimo de estrés. Las principales aplicaciones son herramientas eléctricas, dispositivos médicos, aviación y UPS. Debido a las preocupaciones medioambientales, el NiCd está siendo reemplazado por otras sustancias químicas, pero mantiene su estatus en las aeronaves, debido a su buen historial de seguridad.

- *Hidruro de metal de níquel (NiMH)*: Sirve como un reemplazo para el NiCd, ya que solo tiene metales tóxicos suaves y proporciona un mayor nivel de energía específica. NiMH se utiliza para instrumentos médicos, vehículos híbridos y aplicaciones industriales.

- *Ion de litio*: está reemplazando muchas aplicaciones que usaban anteriormente baterías de plomo y de níquel. Debido a problemas de seguridad, Li-ion necesita un circuito de protección. Este tipo de baterías son más costosas que la mayoría, pero el alto recuento de ciclos y el bajo mantenimiento reducen

el costo por ciclo, en comparación con otras baterías químicas. Las baterías de ion de litio, que tienen un alto nivel de energía específica y una baja tasa de autodescarga, son actualmente muy populares y han sido consideradas para una amplia gama de aplicaciones. Por esto son las baterías más populares y usadas en la actualidad.

a. Modelos de Baterías

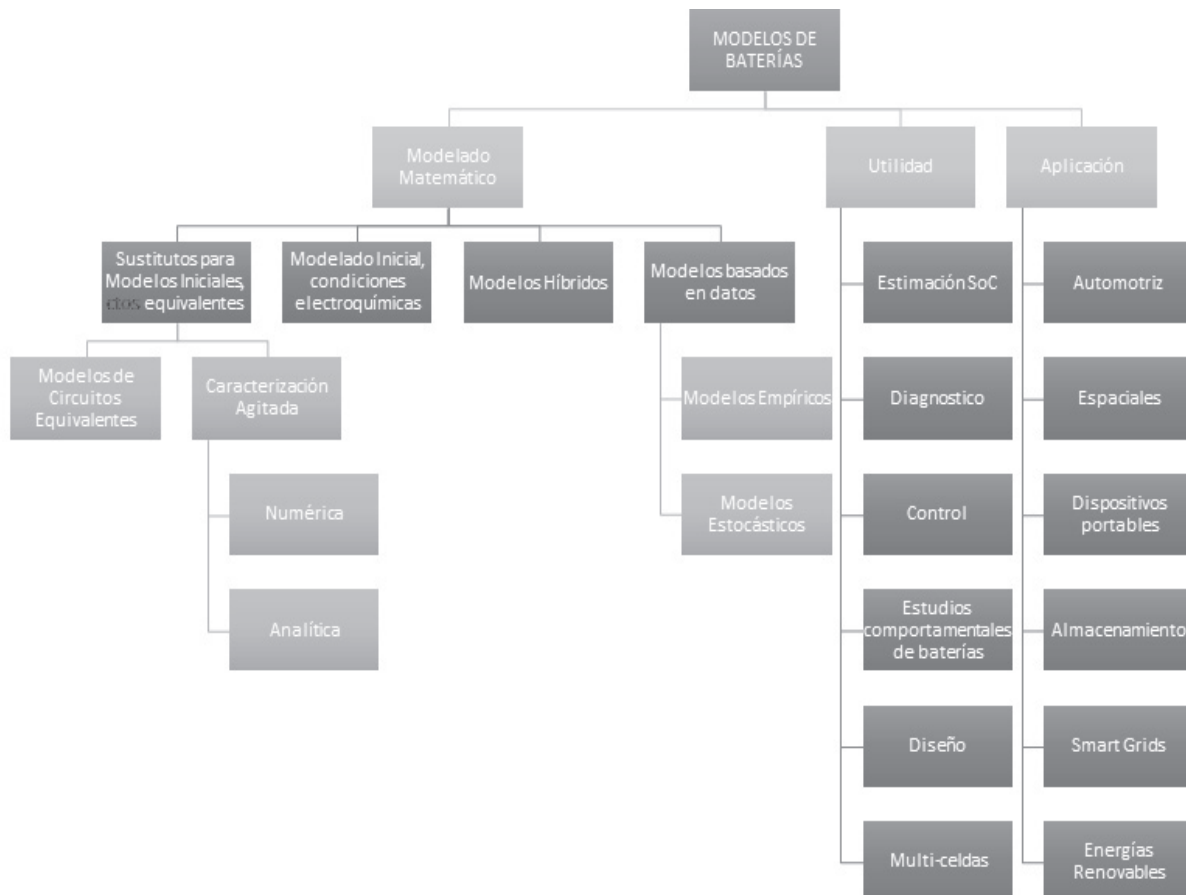
El desarrollo de modelos precisos y en tiempo real para baterías recargables es esencial para una gestión eficiente hacia su funcionamiento seguro. El comportamiento y operación de las baterías recargables se ha modelado de diversas

formas; por ejemplo, usando modelos empíricos, electroquímicos, térmicos, entre otros (Suresh, *et al.*, 2016). Entre esas aproximaciones sobresale el modelo basado en circuitos equivalentes para las baterías de ion de litio, debido a su balance aceptable entre complejidad y precisión (Barcellona, Piegari, Tironi & Musolino, 2015; Hu, Shengbo & Peng, 2012; Ramadesigan, Northrop, Sumitava, De., Santhanagopalan, Braatz, & Subramanian, 2012).

Conceptos básicos

Para asegurar la confiabilidad y eficiencia de las baterías, en especial en aplicaciones industriales, automotrices y sistemas basados

Figura 1. Clasificación modelos de batería



Fuente: Elaboración Propia

en energía renovable, es necesario contar con un Sistema de Gestión de Baterías o BMS por sus siglas en inglés *Battery Management System*. Este sistema lleva a cabo el monitoreo de las condiciones de operación de la batería, que se basa en el cálculo de los parámetros más relevantes de la batería: el estado de carga o SoC y el estado de salud o SoH.

Esos parámetros no son medibles directamente por medio de sensores, por tanto, se deben estimar a través de algoritmos basados en modelos equivalentes de la batería. Como se expone en la figura 1 existen diversos modelos equivalentes para representar el comportamiento de la batería, y la complejidad y precisión del método de cálculo de los parámetros de diagnóstico depende en cierto grado del modelo elegido. Sin embargo, la forma de operar las variables del modelo (el algoritmo de cálculo) juega también un papel fundamental en el desempeño del SISTEMA DE GESTIÓN DE BATERÍAS (Liu Henke, Scherler & Jacobitz, 2017; Trejos & Ramos-Paja, 2015).

Es importante mencionar que el monitoreo constante del voltaje de celda, de cada celda en un paquete de baterías, es esencial para determinar la salud del paquete en general. Todas las celdas tienen una ventana de voltaje de operación en la que debe realizarse el proceso de carga/descarga para asegurar un funcionamiento apropiado y una vida útil y duradera a la batería (Jeon, Yun & Bae, 2015; Jin Park, Young Choi & Young Kim, 2014).

La combinación de estas mediciones con los datos del modelo de la batería, la temperatura y la información del envejecimiento, mejora la precisión de los valores de los parámetros de la

misma. Dependiendo de los algoritmos elegidos, se obtendrán diferentes niveles de lectura y estimación del rendimiento del sistema (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, 2013).

Estado de Carga

El estado de carga se define como la relación entre la capacidad actual de la batería Q_a y la capacidad nominal Q_n (Young, 2013), tal y como se expresa en (1).

$$SoC = \frac{Q_c}{Q_n} \quad (1)$$

Existen diversos métodos para calcular el SoC, tales como los de medida directa, que son aquellos en los cuales se utilizan propiedades físicas de la batería, como el voltaje o la impedancia. En esta categoría se destaca el método de espectroscopia de impedancia electroquímica (Lasia, 2002). *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*. Los métodos de estimación por conteo utilizan la integración en el tiempo de corrientes de carga y descarga inyectadas a la batería; a esta categoría pertenecen métodos como el contador de Coulomb y su versión mejorada. Por su parte, los sistemas adaptivos utilizan métodos matemáticos avanzados para ajustarse automáticamente a los cambios del sistema y aproximar el SoC para diferentes condiciones de operación. A esta categoría pertenecen métodos como redes neuronales, lógica difusa y filtros de Kalman. Finalmente, los sistemas híbridos combinan métodos de las categorías mencionadas anteriormente, para beneficiarse de las ventajas de cada método (Trejos & Ramos-Paja, 2015).

Estado de salud

El estado de salud se define como la relación de la capacidad máxima instantánea entregable por la batería en un momento t - $Q_{\max}(t)$ - y su capacidad cuando la batería estaba nueva Q_{nuevo} (Juang, Kollmeyer & Jahns, 2012). La ecuación (2) expresa la relación a través de la cual se calcula el SoH. Por tanto, este parámetro es un indicador del nivel de degradación del desempeño de la batería, indica su envejecimiento, y sirve para estimar su tiempo de vida restante (Juang, 2010; Trejos & Ramos-Paja, 2015).

$$\text{SoH}(t) = \frac{Q_{\max}(t)}{Q_{\text{nuevo}}} \quad (2)$$

Equilibrio de celdas

Las celdas se pueden conectar en serie y en paralelo para formar un paquete de baterías. Una conexión en paralelo aumenta la corriente total de la batería, mientras que una conexión en serie aumenta el voltaje total (Danilov, Lyedovskikh & Notten, 2011; Yun, Yeo & Park, 2013); en general las condiciones de la carga definen los requerimientos de conexión de las celdas (Berdichevsky, Kelty, Straubel & Toomre, 2006; Ci, Lin & Wu, 2016; Lee & Drury, 2013).

Debido a las diferencias de material, fabricación y temperatura, estas celdas no se cargan o descargan en la misma proporción. Como consecuencia, su voltaje diferirá más pronto o más tarde, esto conlleva a que cualquier celda se aproxime al límite de descarga y disminuya la capacidad de todo el sistema. Los circuitos de equilibrio de celdas igualan los niveles variables de voltaje de cada celda para restaurar

la capacidad de la batería diseñada inicialmente; esto presenta como resultado una configuración distribuida en un paquete de baterías (Dewey, Chandler & Tamura, 1995; Roderick, 2015; Yun, Yeo & Park, 2013).

Existen diferentes técnicas de equilibrio de celdas que difieren en la eficiencia energética, el esfuerzo físico y el espacio de la tarjeta electrónica (Kauer, Narayanaswamy, & Steinhorst 2017; Juang, 2010; Räber, Abdeslam & Heinzelmann, 2017).

Temperatura

Las mediciones de temperatura se usan no solo para evitar incendios y garantizar un sistema de almacenamiento confiable, sino también, para determinar si es deseable cargar o descargar una batería en tiempos específicos (Ashdown & Tullius, 1998; Gepp, Filimon & Koffel, 2015; Roderick, 2015).

Los sensores de temperatura monitorean cada celda de los sistemas de almacenamiento de energía. Los termistores son alimentados por una referencia de voltaje interna que se usa comúnmente para monitorear la temperatura de cada circuito. De esta forma, una referencia interna contribuye a reducir las imprecisiones de la lectura de temperatura frente a los cambios de temperatura externa (Hui Chang, Jie Huang, Pang Huang & Shi Lu, 2010; Lu, Wei & Pour, 2017; Chin Wang, Je Lu, & Yi Tsai, 2013; Chin Wang, Je Lu, & Yi Tsai, 2014).

Aspectos comerciales

A pesar de la gran necesidad de una mejor tecnología de almacenamiento, cualquier start-

up que lo intente se enfrenta a varias realidades de enormes proporciones, por dos razones importantes: el primero, el mercado para el almacenamiento avanzado presenta un desarrollo lento, ya que las tecnologías aún son incipientes y costosas. Y segundo, a corto plazo el precio de la tecnología existente; las baterías de iones de litio han caído mucho más rápido de lo esperado, situación que está reduciendo los beneficios prometidos por el enfoque de usar más fuentes de energía renovables (Casals & García, 2014; Teodorescu, Sauer & Rodríguez, 2013).

Las empresas generadoras de energías renovables deben hacer una inversión inicial significativa para desarrollar nuevos equipos y escalar la fabricación, mientras derivan por los cambiantes precios y rendimientos provocados por las mejoras constantes de las tecnologías establecidas. Frente a estos desafíos son muy pocas las instituciones que tienen éxito (Jomaux, Latiers & De Jaeger, 2015; Maier, Bastos & Schmid, 2014; Mangum, 2016).

Otro aspecto fundamental que debe ser considerado es el mantenimiento y los costos económicos que esta actividad puede generar. Ahora bien, ocurre lo siguiente, luego de conocer las principales variables de interés: SoC, SoH, temperatura, entre otros; es importante realizar un mantenimiento adecuado para asegurar que los problemas con las baterías se eviten a largo plazo. El mantenimiento es un compromiso entre asegurar una gran potencia de respaldo y mantener los costos bajos. Además, tradicionalmente ocupa un lugar bajo en la lista de prioridades técnicas y, por lo tanto, debe ser tan sencillo como sea posible. La manera más segura de minimizar el costo y el tiempo que se invierte en esta actividad es ser lo más proactivo posible.

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

En este artículo se muestra una descripción básica de los sistemas de gestión de baterías. Se revisaron los tipos de baterías recargables de acuerdo con su composición química interna; los modelos matemáticos con base en las condiciones iniciales asumidas; sus principales características (SoH, SoC, ...) y, para finalizar, se menciona su posición comercial, dado que los fabricantes emergentes son emprendedores que están aprovechando el auge de las energías alternativas y aunque tienen un futuro promisorio, aún no es muy seguro.

Cada tipo de batería recargable posee requisitos únicos de desempeño según su composición química interna y por esto es importante definir correctamente sus principales variables de funcionamiento. Lo anterior, con el fin de realizar un Sistema de Gestión de Baterías conveniente y así, maximizar la capacidad, la seguridad de operación y la vida útil de las baterías.

Tradicionalmente se ha buscado aumentar la eficiencia de los sistemas basados en baterías, a través del Sistema de Gestión de Baterías, SoH, SoC, circuitos de seguridad que evitan cambios bruscos de temperatura y estrategias de equilibrio de celdas; sin embargo, las actividades más recientes en (I+D+i) están enfocadas al diseño de paquetes reconfigurables de baterías, ya que representan una solución satisfactoria ante sus problemas convencionales y los sistemas de gestión de batería asociados.

Por último, las baterías ion de litio han dominado el mercado de baterías recargables durante mucho tiempo y siguen siendo la principal opción en sistemas de alta demanda

de consumo y confiabilidad. Sin embargo, en la actualidad se buscan alternativas y esto se denota en un alto grado en los mercados emergentes; los fabricantes —principales clientes— siguen probando y buscando un sistema de almacenamiento de energía que mejor se adapte a sus necesidades.

REFERENCIAS

- Ashdown, B., & Tullius, N. (Octubre de 1998). Prevention of thermal runaway in VRLA batteries. *En Twentieth International Telecommunications Energy Conference INTELEC. Twentieth International. Conferencia llevada a cabo en San Francisco, USA.*
- Barcellona, S., Piegari, L., Tironi, E., & Musolino, V. (Noviembre de 2015). A methodology for a correct sizing of electrochemical storage devices. *Power and Energy Engineering Conference APPEEC. Conferencia llevada a cabo en Brisbane, Australia.*
- Battery University. (s.f.). *Comparison Table of Secondary Batteries*. Recuperado de: http://batteryuniversity.com/learn/article/secondary_batteries
- Berdichevsky, G., Kelty, K., Straubel, JB., & Toomre, E. (2006). *The Tesla Roadster Battery System Tesla Motors*. Recuperado de: <http://large.stanford.edu/publications/coal/references/docs/tesla.pdf>
- Casals, L. C., & García, B. A. (Junio de 2014). A review of the complexities of applying second life electric car batteries on energy businesses. *Energy Syst. Conf. Conferencia llevada a cabo en Inglaterra.*
- Ci, S., Lin, N., & Wu, D. (2016). Reconfigurable battery techniques and systems: A survey. *IEEE Access*, (4), 1175-1189. doi: 10.1109/ACCESS.2016.2545338
- Chin Wang, C., Je Lu, W., & Yi Tsai, T. (Noviembre de 2013). A temperature detector with process compensation and non-linear calibration for Battery Management Systems with HV ESD protection. *SoC Design Conference (ISOC), 2013 International*, 095-098. Conferencia llevada a cabo en Busan, Corea del Sur.
- Chin Wang, C., Je Lu, W., & Yi Tsai, T. (Junio de 2014). A CMOS wide-range temperature sensor with process compensation and second-order calibration for Battery Management Systems. *Circuits and Systems (ISCAS) 2014 IEEE International Symposium on. Simposio llevado a cabo en Melbourne, Australia.*
- Danilov, D. L., Lyedovskikh, A., & Notten, P.H.L. (Septiembre de 2011). Voltage and temperature dynamic simulations for advanced Battery Management Systems. *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC). Conferencia llevada a cabo en Chicago, USA.*
- Dewey, M. Chandler, D., & Tamura, A. (Noviembre de 1995). Battery pack circuit design for safety and protection. *Microelectronics Communications Technology Producing Quality Products Mobile and Portable Power Emerging Technologies. Conferencia llevada a cabo en San Francisco, USA.*
- Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. (2013). *Fraunhofer IIS*. Recuperado de: https://www.iis.fraunhofer.de/content/dam/iis/de/doc/lv/los/energie/Power-und_Batteriemanagement/batterymangement_2013-4.pdf
- Gepp, M. F., Filimon, R., & Koffel, S. (Junio de 2015). Advanced thermal management for temperature homogenization in high-power lithium-ion battery systems based on prismatic cells. *Industrial Electronics (ISIE), 2015 IEEE 24th International Symposium on. Conferencia llevada a cabo en Buzios, Brasil.*
- GM-Volt.com. (29 de agosto de 2007). Latest Chevy Volt Battery Pack and Generator Details and Clarifications. Recuperado de: <http://gm-volt.com/2007/08/29/latest-chevy-volt-battery-pack-and-generator-details-and-clarifications/>
- Haq, I. N., Leksono, Edi., & Iqbal, M. (Noviembre de 2014). Development of Battery Management System for cell monitoring and protection. *Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS), 2014 International Conference on IEEE. Conferencia llevada a cabo en Kuta, Indonesia.*
- Hu, X. Shengbo, L., & Peng, H. (2012). A comparative study of equivalent circuit models for Li-ion batteries. *Journal of Power Sources*, (198), 359-367. doi: doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.10.013.
- Hu, X. C., Cao, D., & Egardt, B. (2017). Condition Monitoring in Advanced Battery Management Systems: Moving Horizon Estimation Using a Reduced Electrochemical Model. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, volumen (PP), 1. doi: 10.1109/TMECH.2017.2675920
- Hui Chang, M., Jie Huang, Y., Pang Huang, H., & Shi Lu, S. (2010). Chip implementation with a combined temperature sensor and reference devices based on DZTC principle. *Sensors*, 11(11), 10308-10325. doi: 10.3390/s111110308
- Jin Park, D., Young Choi, S., & Young Kim, R. (2014). A novel battery cell balancing circuit using an auxiliary circuit for fast equalization. *Industrial Electronics Society, IECON 2014-40th Annual Conference of the*

- IEEE. Conferencia llevada a cabo en Dallas, USA.
- Jeon, S., Yun, J., & Bae, S. (Junio de 2015). Active cell balancing circuit for series-connected battery cells. *Power Electronics and ECCE Asia (ICPE-ECCE Asia), 2015 9th International Conference on*. Conferencia llevada a cabo en Seoul, Corea del Sur.
- Jomaux, J., Latiers, A., & De Jaeger, E. (Julio de 2015). Cost-based dimensioning of Battery Energy Storage and energy management system for Frequency Containment Reserves provision. *Power & Energy Society General Meeting, 2015 IEEE*. Conferencia llevada a cabo en Denver, USA.
- Juang, L. W. (2010). *Online battery monitoring for state-of-charge and power capability prediction* (Tesis de maestría). University of Wisconsin Madison. Madison, Wisconsin, USA.
- Juang, L. W., Kollmeyer, P. J., & Jahns, T. M. (Septiembre de 2012). Implementation of online battery state-of-power and state-of-function estimation in electric vehicle applications. *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*. Conferencia llevada a cabo en Raleigh, USA.
- Kanapady, R., Kyle, K., & Lee, J. (Marzo de 2017). Battery life estimation model and analysis for electronic buses with auxiliary energy storage systems. *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2017 IEEE*. Conferencia llevada a cabo en Tampa, USA.
- Kauer, M., Narayanaswamy, S., & Steinhorst, S. (2017). Rapid Analysis of Active Cell Balancing Circuits. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 36, 694-698. doi: 10.1109/TCAD.2016.2597224
- Lasia, A. (2002). Electrochemical impedance spectroscopy and its applications. En B. E. Conway, J. O'M. & R. E., White (Ed). *Modern aspects of electrochemistry* (pp. 143-248). US: Springer.
- Lee, W., & Drury, D. (2013). Development of a hardware-in-the-loop simulation system for testing cell balancing circuits. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28, 5949-5959. doi: 10.1109/TPEL.2013.2256799
- Liu-Henke, X., Scherler, S., & Jacobitz, S. (Abril de 2017). Verification oriented development of a scalable Battery Management System for lithium-ion batteries. *Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2017 Twelfth International Conference on*. Conferencia llevada a cabo en Monte Carlo, Mónaco.
- Lu, J., Wei, L., & Pour, M. (Junio de 2017). Modeling discharge characteristics for predicting battery remaining life. *Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 2017 IEEE*. Conferencia llevada a cabo en Chicago, USA.
- Maier, W., Bastos, I., & Schmid, A. (Mayo de 2014). Low-Cost, Precision Battery Management System with Active Balancing up to +10 A. *PCIM Europe 2014; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management*. Conferencia llevada a cabo en Nuremberg, Alemania.
- Mangum, C. (01 de agosto de 2016). Top Four Considerations for Battery Management in a Connected World. *Battery Power*. Recuperado de: <http://www.batterypoweronline.com/main/articles/top-four-considerations-for-battery-management-in-a-connected-world/>
- Markoff, J. (14 de septiembre de 2009). *The New York Times/Science*. Recuperado de: <http://www.nytimes.com/2009/09/15/science/15batt.html?scp=1&sq=electricvehicletesla201bm&st=cse>
- Momayyezani, M., Hredzak, & Agelidis, V. (2015). Integrated reconfigurable converter topology for high-voltage battery systems, 31, 1968-1979. doi: 10.1109/TPEL.2015.2440441.
- Morstyn, T. M. (2016). Distributed Control for State-of-Charge Balancing Between the Modules of a Reconfigurable Battery Energy Storage System. *IEEE Transactions on Power Electronics*, (págs. 7986-7995).
- Räber, M., Abdeslam, D., & Heinzelmänn, A. (2017). Performance estimation of a cell-to-cell-type active balancing circuit for lithium-ion battery systems. *Industrial Electronics (ISIE), 2017 IEEE 26th International Symposium on*. Conferencia llevada a cabo en Edinburgh, UK.
- Rao, R., Vruthula, S., & Rakhmatov, D. (Diciembre de 2003). Battery modeling for energy aware system design. *Computer*, 36(12), 77-87. doi: 10.1109/MC.2003.1250886
- Ramadesigan, V., Northrop, P., Sumitava, De., Santhanagopalan, S., Braatz, R., & Subramanian, R. (2012). Modeling and simulation of lithium-ion batteries from a systems engineering perspective. *Journal of The Electrochemical Society*. doi: 10.1149/2.018203jes
- Roderick, R. (26 de 03 de 2015). *Electronic Design*. Recuperado de: <http://www.electronicdesign.com/power/look-inside-battery-management-systems>
- Rodríguez, D., Gómez, R., & Campos, A. (2015). Sistemas de gestión de baterías (SISTEMA DE GESTIÓN DE BATERÍAS) y su importancia para los sistemas de almacenamiento de baterías (BESS). *Revista Tecnura*, 19, 51-56. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.ICE.a05>

- Sangwan, V., Sharma, A., & Kumar, R. (Junio de 2017). Optimal parameter estimation of battery model for pivotal automotive Battery Management System. *Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)*. Conferencia llevada a cabo en Milan, Italia.
- Suresh, R. T. (2016). Modeling of rechargeable batteries. *Current Opinion in Chemical Engineering*, (págs. 63-74). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211339816300478>)
- Teodorescu, R. S. (2013). *Industrial/PhD course storage systems based on electrochemical batteries for grid support applications*. Denmark: Aalborg University. http://www.alpbes.et.aau.dk/digitalAssets/99/99960_154241_folder_es_oct2016.pdf)
- Trejos, L. A., & Ramos-Paja, C. A. (2015). Diagnóstico y pronóstico de baterías conceptos básicos y modelos matemáticos. *Revista Avances en Ingeniería Eléctrica/Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*, 35-43. <http://universidadeindustria.com/revista-avances-en-ingenieria-electrica-2015/>)
- Xing, Y., Ma, E., Tsui, K., & Pecht, M. (2011). Battery Management Systems in electric and hybrid vehicles. *Energies*, 4(11), 1840-1857. doi: 10.3390/en4111840
- Young, K. (2013). Electric vehicle battery technologies. En García-Valle, Peças Lopes, & Joao A. (Eds.), *Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks* (pp. 15-56). New York: Springer.
- Yun, J., Yeo, T., & Park, J. (Marzo de 2013). High efficiency active cell balancing circuit with soft-switching technique for series-connected battery string. *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE*. Conferencia llevada a cabo en Long Beach, USA.
- Zuo, X., & Zhang, C. (Abril de 2016). Flexible Design for Battery Management System. *Network and Information Systems for Computers (ICNISC), 2016 International Conference on*. Conferencia llevada a cabo en Wuhan, China.

Cómo referenciar este artículo

- González Valencia, M., & Trejos Grisales, L. A. (2017). Conceptos técnicos para comprender los Sistemas de Gestión de Baterías BMS. *Revista Vía Innova*, 4(4), 37-46. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1179>

Análisis del impacto del ingreso de los establecimientos “Hard Discount” frente a las tiendas de barrio de la ciudad de Ibagué

Analysis of the impact of the arrival of the "Hard Discount" establishments
in the neighborhood stores of the city of Ibagué

JAIRO FERNÁNDEZ MOLANO¹

JOAQUÍN EDUARDO CARRILLO ORJUELA²

RESUMEN

Este artículo se enfoca en evaluar el impacto que genera el ingreso de los nuevos retailers denominados establecimientos de descuento duro (Hard discount) y la expansión de los existentes, frente al mercado de las tiendas de barrio de la ciudad de Ibagué. A través suyo se da a conocer cuál es el modelo de negocio que los consumidores prefieren al momento de comprar sus productos, igualmente, cuáles son los riesgos y amenazas que se han presentado por el ingreso de los establecimientos de descuento duro en la ejecución de la actividad comercial de las tiendas de barrio, con el fin de generar estrategias de mercadeo aplicado a esta clase de establecimientos para incrementar el volumen de las ventas, la fidelización y la captación de consumidores.

Para la ejecución de este estudio fue necesario, en primer lugar, el diseño de dos tipos de instrumentos de recolección de información, el primero fue una entrevista estructurada a 54 tenderos para conocer cuál ha sido el impacto del ingreso de los nuevos retailers sobre la actividad comercial de las tiendas de barrio; el segundo, una encuesta que permitió conocer cuáles son los atributos que los consumidores poseen, para efectuar la adquisición de mercancía en los tipos de establecimientos.

Palabras clave: Mercadeo, exhibición de productos, servicio al cliente, tiendas de barrio, retailers.

Recibido: 31/07/2017 Aceptado: 25/10/2017

ABSTRACT

This article focuses on evaluating the impact generated by the income of new retailers called hard discount establishments and the expansion of existing ones, compared to the market of neighborhood stores in the city of Ibagué. By means of this it is made known which is the business model that the consumers prefer when buying their products, likewise,

what are the risks and threats that have been presented by the income of the hard discount

¹ Grupo de Investigación GESICOM - SENA Centro de Comercio y Servicios Regional Tolima.
Correo electrónico: jfernandez64@misena.edu.co

² Grupo de Investigación GESICOM - SENA Centro de Comercio y Servicios Regional Tolima.
Correo electrónico: cojoaquin@misena.edu.co

establishments in the execution of the commercial activity of the neighborhood stores, in order to generate marketing strategies applied to this class of establishments to increase the volume of sales, loyalty and the capture of consumers.

For the execution of this study it was necessary, in the first place, the design of two types of information collection instruments, the first was a structured interview with 54 shopkeepers in order to know what the impact of the arrival of the new retailers has been in the commercial activity of neighborhood stores; the second one was a survey that allowed to know what are the attributes that consumers possess to carry out the acquisition of merchandise in the different types of establishments.

Keywords: Marketing, product display, customer service, neighborhood stores, retailers.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se refleja la importancia de las tiendas de barrio las cuales brindan un espacio a la comunidad para el reforzamiento cultural del consumidor, pues se han transformado en un sitio de interés donde no solo se realizan transacciones comerciales, sino también, interacciones entre tenderos, amigos, vecinos y familiares. De la misma manera permiten la vinculación social del entorno y arraigan aspectos culturales a la comunidad que abastecen. También, por ser las tiendas de barrio un canal tradicional que se encarga de la distribución de productos y servicios de primera necesidad, juega un papel importante en el desarrollo económico del país. A la vez cuenta con factores claves tales como la cercanía, la disponibilidad, la confianza y la propia administración; que permiten en gran medida su eficiencia y éxito.

Dado lo anterior, en gran medida las tiendas de barrio son consideradas como un modelo de negocio exitoso desde la perspectiva cultural y el servicio, esto permite generar un valor agregado a los productos que se comercializan

por este canal de distribución. De la misma manera poseen elementos fundamentales como la atención personalizada, el trato amable hacia el consumidor, la posibilidad que este último tiene al conseguir los productos en unidades más pequeñas, que permiten la capacidad adquisitiva por parte del consumidor en el momento, el crédito inmediato y el amplio horario de atención. Lo anterior ha convertido a las tiendas de barrio en un componente importante y determinante en la economía de los hogares colombianos (Páramo Morales, 2012).

Sin embargo, en los últimos años debido al ingreso de los nuevos formatos minoristas y a la propagación de grandes almacenes de cadena en Colombia, que forjan un desarrollo acelerado en la expansión del canal moderno en todo el país, se genera que las tiendas de barrio como canal tradicional se adapten a un nuevo escenario de competencia, donde el ingreso de las nuevas superficies con el formato de descuentos permanentes, una política constante de precios bajos y un control sistemático de los costos, ha contribuido a que

los consumidores ahorren efectivo al momento de comprar los productos de la canasta familiar en estos establecimientos, lo cual afecta directamente la actividad económica de los negocios pequeños.

Adicionalmente, por los efectos de la situación económica y social experimentada por la economía colombiana, como la reciente reforma tributaria, la inflación y las elevadas tasas de interés en el territorio, provocaría el fracaso empresarial de la actividad económica de las tiendas de barrio. Por lo tanto, estas deben implementar estrategias que permitan la fidelización y captación de consumidores. Asimismo, mecanismos que les permitan convertirse en un elemento diferenciador que les brinde posibilidades para competir con el canal moderno. De la misma manera, que puedan elevar sus índices de productividad en los procesos que se enmarcan en el desarrollo de la actividad comercial y lograr un control implícito de las operaciones de la microempresa.

ANTECEDENTES

Las tiendas de barrio se han caracterizado por su posicionamiento y son los principales distribuidores de los productos de la canasta familiar en el esquema económico colombiano. De acuerdo con la revista Dinero (2016), el 21 % de las empresas en Colombia son tiendas de barrio, esto es debido al arraigo cultural que estas generan en sus comunidades, asimismo, son consideradas un modelo de negocio por su gran contribución al Producto Interno Bruto PIB, no obstante, el ingreso de retailers y la expansión de los existentes han logrado un impacto económico y social en el mercado.

En la ciudad de Ibagué, en los últimos años, se evidencia un aumento significativo en el ingreso y la expansión de los retailers, entre los cuales se encuentran los siguientes: la tienda *Justo y Bueno* cuya estrategia se enfoca en los precios bajos y marcas nuevas; *Surtiplaza* con una ubicación estratégica cuya promesa es mantener los precios bajos por los años presentes. La expansión de la marca del grupo Éxito con un formato express, quienes tienen un sistema de fidelización que está representado por tarjetas crédito, tarjeta de puntos y, además, cuenta con una alianza estratégica con los tenderos, mediante el sistema de filiación de *Surtimax*. Por otra parte, la expansión de *Mercacentro* con el formato de 24 horas con el programa de fidelización de “mercapesos”. El ingreso de D1 en el que su slogan es “Calidad más alta al precio más bajo”. Finalmente, *Ara* con precios bajos y gran variedad de productos.

En el transcurso del tiempo, los canales tradicionales de venta y las maneras como se ofrecen al consumidor final se evidencia que los productos han evolucionado, las plazas de mercado, los supermercados como grandes cadenas, las tiendas de barrio, y el formato de retailers. Por lo anterior, las tiendas de barrio por tradición y cultura cuentan con la opción de que están al alcance del consumidor dada su cercanía y comodidad.

El ingreso y expansión de estos retailers ha generado cambios en el mercado afectando el mismo. Ello ha fomentado que los clientes de las tiendas de barrio, cambien los comportamientos del consumidor, optando por comprar otras marcas —marcas propias o no reconocidas— y cambios en la frecuencia de compra por las ventajas de los precios bajos y promociones.

ESTADO DEL ARTE

La importancia del mercadeo en las empresas comerciales se ha convertido en una de las principales estrategias para mejorar la productividad y tener un mayor éxito empresarial en la comercialización de productos, las características fundamentales en desarrollar procesos de mercadeo son incrementar el volumen de ventas, la fidelización de clientes y la captación de nuevos consumidores, además de llevar a cabo un sin número de estrategias, ofreciéndole a la empresa la oportunidad de descubrir y captar clientes potenciales.

Las pequeñas y medianas empresas son vitales en las economías de los países, dada la innovación —capacidad que se encuentra entre las principales características que contribuyen al crecimiento económico—. De la misma manera se han realizado diversos estudios para determinar qué factores impactan positivamente en los esfuerzos innovadores de las PYMES. En Croacia se exploraron los factores que impulsan directamente las actividades propicias para la innovación en esta tipología de empresas. Además, los factores claves como el alcance del mercado, la orientación del mercado de la empresa y las diferentes estrategias de mercadeo que utilizan para la comercialización de los productos. Entre los principales resultados de este estudio resalta que el alcance del mercado es un factor importante en la innovación de los productos y procesos que se enmarcan en la ejecución de la actividad económica. Asimismo, los cambios corporativos tienen un impacto positivo en la innovación radical de los productos. Por otra parte, las empresas cada vez en mayor grado deben innovar los diferentes procesos para generar un alto

índice de competitividad y productividad en la organización (Radas & Bozic, 2009).

Las técnicas de mercadeo pueden ser adaptadas fácilmente a modelos de negocios pequeños, siendo este uno de los ejes principales para tener una mayor competitividad, al igual que muchas empresas emplean estas técnicas de forma efectiva obteniendo mayores beneficios comerciales, como mayor rentabilidad en los productos y menos deserciones de los clientes. Por otra parte, el espíritu emprendedor de los empresarios para contar con una mayor visión de su modelo de negocio y definir objetivos ya sea a corto, mediano o largo plazo (Day, Dean, & Reynolds, 1998).

El mercadeo se convierte en un elemento innovador en las empresas y su comprensión permite la adecuada toma de decisiones para lograr la fidelización de los clientes, la comercialización innovadora busca conocer los diferentes patrones del consumidor para llevar a cabo el proceso de venta y así pueda satisfacer las necesidades de este. El mercadeo innovador no se relaciona directamente con los productos, o desarrollo de nuevos productos o tecnológicos, sino que también cuenta con aspectos claves que puedan evocar diferentes sensaciones al consumidor, mediante estrategias de exhibición de productos y un servicio al cliente que provoque una mayor cantidad de ventas y elevar la rentabilidad y la utilidad de la empresa (O'Dwyer, Gilmore, & Carson, 2009).

La administración empresarial se relaciona directamente con el mercadeo, puesto que permite un mayor desarrollo estructural en las operaciones internas y logra una visualización al entorno económico de la organización.

Además, existen diferentes modelos conceptuales para la aplicación de estrategias de mercadeo para que sea un componente innovador, puesto que el mercadeo se entrelaza en todas las actividades operativas y percibe el comportamiento de la empresa, asimismo logra tener una contextualización en el mercado, específicamente, en relación con el compromiso del cliente, la innovación y los enfoques empresariales (Joner & Rowley, 2011).

La toma de decisiones referente a las principales prácticas del mercadeo en las empresas son cruciales en la planeación estratégica y generalmente son un punto de partida para el análisis. Las prácticas de mercadotecnia de las pequeñas empresas son diferentes a las de grandes compañías y requieren enfoques diferentes para el apoyo a la toma de decisiones. Por ende, existe el método OSCLASS de análisis de decisión verbal. Este método únicamente se infiere por el uso de información cualitativa y permite que el proceso conduzca a que la toma de decisiones sea de forma transparente y se comparta con los usuarios externos interesados en la información de la empresa. Además, particularmente este método beneficia la comercialización, por lo cual permite conocer los patrones del consumidor para la satisfacción de las necesidades (Gomes, Moshkovich, & Torres, 2010).

Las estrategias de mercadeo han permitido un desarrollo estructural al tejido empresarial, asimismo el alcance que contrae generan un contexto de crecimiento a las pequeñas y mediante empresas. Por otra parte, los empresarios desarrollan el aprendizaje empresarial basado en el conocimiento empírico que contraen en el desarrollo de sus

actividades implícitas en el negocio, esto se asocia directamente a la comunicación, la toma de decisiones en los niveles operativos y el aprendizaje de experiencias en el entorno laboral de las PYMES (Carson & Glimore, 2000).

Si bien la mayoría de los estudios abordan el efecto de la implementación de estrategias de marketing, donde se entrelazan dos conceptos tales como la innovación y el aprendizaje en el rendimiento, en el presente, desarrolla un modelo unificado para investigar el efecto combinado de las capacidades y el rendimiento que provoca estas estrategias. En ellas se realizó el estudio a 171 pequeñas y medianas empresas manufactureras. Los hallazgos sugieren que las capacidades de marketing, innovación y aprendizaje estén directamente relacionadas positivamente con el desempeño de esta tipología de empresas. Además, estas capacidades interactúan entre sí para crear una sinergia en el logro de las PYMES (Sok, O Cassa, & Sok, 2013).

Según Sparrow (1999), la toma de decisiones en los diferentes procesos que se desarrollan en la actividad comercial, permite tener una contextualización de la calidad de los productos, los servicios diseñados, entre otros; esto permite saber si los servicios están a la medida para la demanda de los consumidores, asimismo uno de los elementos que indica un desarrollo empresarial es la infraestructura, que incluye la expansión de negocios y los servicios de consultoría de gestión relacionados con la comercialización, finanzas y la gestión de riesgos.

Las tendencias recientes del mercadeo han demostrado la importancia en la exhibición de los productos para incrementar el

volumen de ventas, esta técnica denominada merchandising tiene como principal objetivo llamar la atención del consumidor mediante el rastreo ocular, igualmente se demuestra que la atención en la tienda no siempre es suficiente para impulsar las ventas. Por ejemplo, las posiciones de la parte superior y media plataforma reciben más atención que las posiciones de la plataforma baja, esta técnica es un componente de marketing que integra las técnicas de comercialización y permite exhibir el producto en las mejores condiciones. De la misma manera es tener los productos en una ubicación oportuna para lograr una mayor visibilidad por parte del consumidor (Chandon, Hutchinson, Bradlow, & Young, 2009).

Una de las principales características del mercadeo es identificar el comportamiento de los clientes, y tiene como principal propósito la gestión de relaciones con ellos, por lo cual los resultados de este estudio apuntan a un sistema de información que rastrea las interacciones de los consumidores con la empresa y permite a los empleados obtener instantáneamente información sobre la preferencia de compra de ellos, como ventas históricas, registros de servicio y registro de problemas pendientes, donde se busca proponer diferentes estrategias para la implementación de un modelo de servicio al cliente exitoso, este modelo almacena toda la información sobre sus clientes en una base de datos y los utiliza para coordinar ventas con el fin de solventar las necesidades de los consumidores. De esta manera si se ejecuta correctamente este modelo, podría mejorar la capacidad de la empresa en la fidelización de consumidores y obtener una ventaja estratégica sobre sus competidores (Nguyen, Sherif, & Nemby, 2007).

Cada vez, en mayor grado, se denota la importancia de las redes como intermediarias para realizar las distintas operaciones de la entidad, asimismo permiten tener un mayor alcance al público objetivo para alcanzar mayor impacto económico sobre la actividad comercial. En el Reino Unido se realizó un estudio en la aplicación de estrategias de mercadotecnia a un canal de distribución de alimentos que convierte a la empresa con un alto grado de competitividad. De la misma manera, al ser este sector económico uno de los más dinámicos, permite generar estrategias que redunden en una mayor rentabilidad de los productos. Entre los principales resultados de esta investigación indica una variación positiva en el alcance de consumidores potenciales, permitiendo así mayores oportunidades de ventas y teniendo un contacto directo con el consumidor final (Gilmore, Carson, & Rocks, 2006).

Las necesidades de las pequeñas y medianas empresas en los sectores agrícolas y alimentario cambian continuamente en el mercado mundial. La transferencia de tecnología es un medio para avanzar a las PYMES, con el fin de que tengan un alto grado de competitividad y se convierten en herramientas fundamentales para la supervivencia (Morrissey & Almonacid, 2005). En la actualidad el blog ha generado una trascendencia como herramienta de mercadeo en las organizaciones. Ello propicia el uso de estrategias y procesos de branding, el conocer la imagen corporativa del ente económico y generar la confianza y la fidelización de consumidores. También la segmentación del nicho de mercado, a su vez logra generar un sinnúmero de datos para conocer el estado actual del mercado (Chua, Deans, & Parker, 2009).

PROCESO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

La presente investigación corresponde a un tipo de investigación descriptiva que permite determinar cuál es el impacto del ingreso de nuevos retailers y la expansión de los ya existentes frente al mercado de las tiendas de barrio de la ciudad de Ibagué. Igualmente, aborda una problemática cuya naturaleza es mixta, en la cual la información que se recolecta es cuantitativa mediante una encuesta. Algunas variables que se representan en ella son numéricas y al momento de analizarlas se hará uso de la estadística. Por otra parte, contempla datos cualitativos, pues mediante el método de la observación se estudiarán las debilidades y fortalezas que se encuentren implícitas en las dos tipologías de negocio.

HIPÓTESIS

De los fundamentos y prácticas propias del sector, se formulan las siguientes hipótesis:

H1: Las tiendas de barrio deben reestructurarse y desarrollar estrategias de marketing que les permita permanecer en el mercado.

H2: Las tiendas de barrio permanecerán en el mercado a pesar de la entrada de los nuevos retailers y la expansión de los mismos, donde gozan de un alto grado de compromiso social y servicio al cliente con la comunidad.

H3: El formato de las tiendas de barrio fracasará debido a los nuevos establecimientos de descuento duro, debido a la estrategia comercial en precios y a la diversidad de productos con los cuales las tiendas de barrio no pueden competir.

FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la ejecución de este trabajo se contó con la aplicación de dos instrumentos de recolección de información donde se dio a conocer cuál ha sido el impacto de la llegada de los nuevos establecimientos de descuento duro al modelo de negocio de las tiendas de barrio. Además, se realizó una entrevista a 54 tenderos donde las tiendas de barrio de los respectivos microempresarios se encontraban aledaños a los retailers. Por otra parte, se aplicó una encuesta a 384 hogares en los cuales se evidencia cuáles son las preferencias por estos modelos de negocio, asimismo, permitió identificar cuáles son los principales atributos que los consumidores tienen en cuenta para comprar los productos.

RESULTADOS

En este apartado se dan a conocer los principales resultados de la aplicación de los instrumentos de recolección de información.

Tabla 1. Motivo de compra en la tienda de barrio

Motivo de compra en la tienda de barrio	Porcentaje
Ubicación	69,40 %
Confianza	33,90 %
Crédito o fiado	33,30 %
Efectividad en la compra	31,40 %
Servicio personalizado	29,20 %
Precios	28,40 %
Calidad de los productos	18,70 %
Variedad de productos	11,30 %

Fuente: Los Autores

En el motivo de la compra de productos en la tienda de barrio (ver Tabla 1), se observa que el 69,40 % de los consumidores encuestados

compran los productos en las tiendas de barrio por la ubicación. Por su parte, el 33,90 % compra aquello que necesita en estos establecimientos debido a la vinculación social y el arraigo cultural que generan. De otro lado, el 33,30 % compra la mercancía por la facilidad de pago que el microempresario le brinda para satisfacer sus necesidades inmediatas.

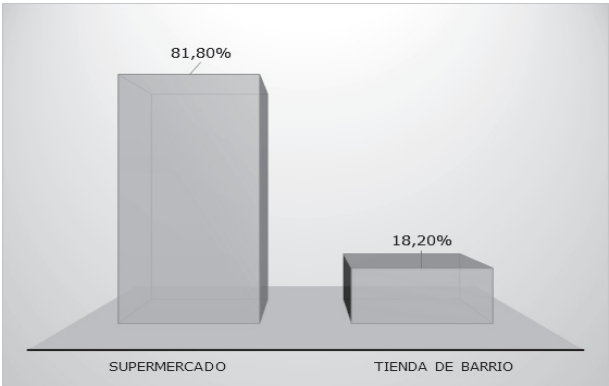
Tabla 2. Frecuencia de compra de mercado

Frecuencia de compra de mercado	Porcentaje
Quincenal	44.6%
Mensual	27%
Diario	16,8%
Semanal	11,6%

Fuente: Los Autores

En la frecuencia de compra de mercado (ver Tabla 2), se indica que el 44,6 % de los consumidores compran el mercado quincenal. Asimismo, el 27 % compra la mercancía de forma mensual; esto indica que los periodos son los que recurren para efectuar la compra de productos.

Figura 1. Compra de productos de la canasta familiar

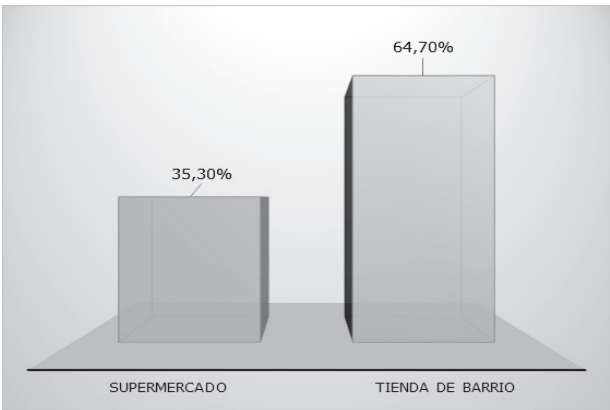


Fuente: Los Autores

En la compra de productos de la canasta familiar

(ver Figura 1), se observa que el 81,80 % de los consumidores prefieren realizar las compras en el modelo de negocio del supermercado, esto es debido a las promociones y a la variedad de productos con que cuentan en el inventario, mientras que el 18,20 % compra esta tipología de productos en las tiendas de barrio por la cantidad y el tamaño de los productos que necesitan.

Figura 2. Reposición de productos de la canasta familiar



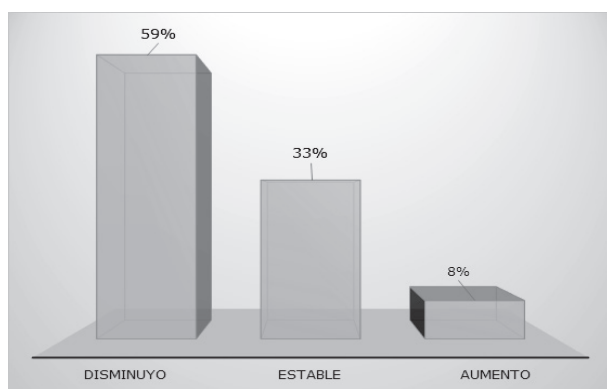
Fuente: Los Autores

En la reposición de productos de la canasta familiar (ver figura 2), se indica que el 64,7 % compran los productos en las tiendas de barrio cuando se agota el mercado, principalmente efectúan la compra debido a la cercanía y al tamaño. Asimismo, el consumidor se apoya directamente en la modalidad de pago que maneja la tienda como elemento que apoya la economía del entorno donde se encuentran estas tiendas.

En el nivel de ventas de la tiendas de barrio después del ingreso de los retailers (ver figura 3) se indica que los tenderos han disminuido un

59 % el nivel de ventas del ente económico, esto afecta directamente la rentabilidad y liquidez de la actividad comercial, además provoca riesgos y amenazas que lo puedan llevar a la liquidez del ente. Por otra parte, el 33 % de los tenderos dice que las ventas permanecen de forma estable y no han observado un cambio significativo a pesar del ingreso de los nuevos formatos de descuento duro.

Figura 3. Nivel de ventas de las tiendas de barrio después del ingreso de los retailers



Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

Tradicionalmente a las tiendas de barrio se les conoce por su informalidad e independencia, y permiten evidenciar que no presentan estrategias diferenciadoras, motivo que impide la generación de alianzas comerciales, por ende, las tiendas de barrio deben recurrir a centros de acopio mayoristas para abastecerse de productos más económicos. Los tenderos de la ciudad de Ibagué se caracterizan por ser empáticos, enfocando sus servicios a la atención personalizada y al buen trato, se observa que en clientes frecuentes se emplean estrategias como el *fiado* o la *ñapa*.

El impacto económico que han tenido los establecimientos de descuento duro sobre las tiendas de barrio, en primera medida se relaciona directamente con la cercanía de la tienda al retail, en la cual en la gran mayoría de los casos el impacto ha contribuido al cierre del establecimiento. Por otro lado, las tiendas que son distantes a estos establecimientos han tenido que reducir el margen de rentabilidad, esto a la vez, ha provocado la disminución de las ventas. En este sentido, las tiendas de barrio buscan estrategias como domicilios o productos de papelería para que puedan perdurar en el mercado.

Tradicionalmente en Colombia se conocen las tiendas de barrio como negocios empíricos, cuyas operaciones y procesos en el marco de la ejecución de la actividad comercial se desarrolla de forma básica. Estas operaciones carecen de orden y confianza, factor que conlleva directamente a no conocer cuál es el estado de la situación financiera, igualmente desconocen el inventario y el costo del mismo, como también, cuál es la utilidad determinada de la actividad económica.

Las principales particularidades del modelo de negocio de las tiendas de barrio son las siguientes: en cuanto a la mercancía que se ofrece en las tiendas, el producto y las marcas comerciales garantizan buena calidad, sin embargo, la constante manipulación de estos productos por parte del microempresario podría llegar a afectar las características del producto. En cuanto al precio, si se compara con otras plataformas existentes en la ciudad, como grandes superficies y hard discount, es mayor, en parte a que no manejan grandes volúmenes de compras que les permita negociar

la compra de los productos. En cuanto a la promoción, las tiendas se caracterizan por el poco conocimiento de estrategias de mercadeo, tales estrategias son vistas más como un gasto y no como una inversión que pueda conllevar a futuras ganancias, fidelización de clientes y captación de nuevos consumidores, limitándose solamente a prácticas como *fiado*, el *vendaje* y, en algunos casos, los domicilios. En cuanto a la distribución, esta pertenece a un canal con características muy particulares, donde los precios altos y la susceptibilidad al ingreso de muchos proveedores juegan un papel delicado en la tienda.

REFERENCIAS

- Carson, D., & Glimore, A. (2000). SME marketing management competencies. *International Business Review*, 9(3), 363-382. doi: [https://doi.org/10.1016/S0969-5931\(00\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S0969-5931(00)00006-8)
- Chandon, P., Hutchinson, J., Bradlow, E., & Young, S. (2009). Does in-store marketing work? effects of the number and position of shelf facings on brand attention and evaluation at the point of purchase. Recuperado de https://flora.insead.edu/fichiersti_wp/inseadwp2009/2009-24.pdf
- Chua, A., Deans, K., & Parker, C. (2009). Exploring the types of smes which could use blogs as a marketing tool: A proposed future research agenda. *Journal of Information Systems and Small Business*, 16(1), 117-136. doi: <http://dx.doi.org/10.3127/ajis.v16i1.561>
- Day, J., Dean, A. A., & Reynolds, P. L. (1998). Relationship marketing: Its key role in entrepreneurship. *Long Range Planning*, 31(6), 828-837. doi: [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(98\)80019-8](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(98)80019-8)
- Gilmore, A., Carson, D., & Rocks, S. (2006). Networking in SMEs: Evaluating its contribution to marketing activity. *International Business Review*, 15(3), 278-293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2006.02.003>
- Gomes, L., Moshkovich, H., & Torres, A. (2010). Marketing decisions in small businesses: How verbal decision analysis can help. *International Journal of Management and Decision Making*, 11(1), 19-36.
- Joner, R., & Rowley, J. (2011). Entrepreneurial marketing in small businesses: A conceptual exploration. *International Small Business Journal*, 29(1), 25-36.
- Morrissey, M., & Almonacid, S. (2005). Rethinking technology transfer. *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), 135-145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.057>
- Nguyen, T., Sherif, J., & Nemby, M. (2007). Strategies for successful CRM implementation. *Information management and computer security*, 15(2), 102-115. doi: <https://doi.org/10.1108/09685220710748001>
- O'Dwyer, M., Gilmore, A., & Carson, D. (2009). Innovative marketing in SMEs. *European Journal of Marketing*, 43(1/2) 46-61. doi: <https://doi.org/10.1108/03090560910923238>
- Páramo Morales, D. (2012). Tiendas de barrio en Colombia. *Pensamiento & Gestión*, (32), 7-11.
- Radas, S., & Bozic, L. (2009). The antecedents of SME innovativeness in an emerging transition economy. *Technovation*, (29), 438-450.
- Revista Dinero. (15 de junio de 2016). *Dinero*. Recuperado de <http://www.dinero.com/economia/articulo/tiendas-de-barrio-y-negocios-mas-comunes-en-colombia/224631>
- Sok, P., O Cassa, A., & Sok, K. (2013). Achieving superior SME performance: Overarching role of marketing, innovation, and learning capabilities. *Australasian Marketing Journal*: (21)3, 161-167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2013.04.001>
- Sparrow, J. (1999). Using qualitative research to establish SME support needs. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 2(2), 121-134. doi: <https://doi.org/10.1108/13522759910270034>

Cómo referenciar este artículo

Fernández Molano, J., & Carrillo Orjuela, J. E. (2017). Análisis del impacto del ingreso de los establecimientos “Hard Discount” frente a las tiendas de barrio. *Revista Vía Innova*, 4(4), 47-56. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1180>

SENA Empresa, una estrategia de formación pedagógica

SENA Enterprise, a pedagogical training strategy

LOLA FERNANDA HERRERA HERNÁNDEZ¹

HUGO ALEXÁNDER SEMANATE QUIÑONEZ²

CRISTIAN JAVIER CHÁVARRO MURCIA³

RESUMEN

SENA Empresa pretende complementar la formación profesional integral que reciben los aprendices y optimizar los recursos económicos y técnicos con los que cuenta un centro de formación del SENA. La estrategia permite fortalecer las competencias técnicas (administrativas, contables, financieras e investigativas) y actitudinales, dotando a los aprendices de herramientas que les permita mejorar su desempeño laboral en la ejecución de su etapa práctica, posicionando el Centro de Formación en el sector productivo y empresarial de la región Surcolombiana. El trabajo plantea un análisis del aporte de dicha estrategia en los aprendices y del paso que estos realizan durante su último trimestre de formación, asumiendo roles de tipo socio-empresarial, en un ambiente real de aprendizaje. También presenta el análisis de los resultados, utilizando elementos de la estadística descriptiva y realizando un análisis de contenido de la encuesta virtual aplicada a los egresados del centro de formación, así como la visión profesional de los instructores líderes de la estrategia formativa.

Palabras clave: Aprendizaje, competencias, emprendimiento, formación profesional integral, unidad productiva.

Recibido: 31/07/2017 Aceptado: 25/10/2017.

ABSTRACT

SENA Enterprise aims to complement the comprehensive professional training that apprentices receive and optimize the economic and technical resources available in a SENA training center. The strategy allows to strengthen the technical (administrative, accounting, financial and investigative) and attitudinal competences, providing the

¹ Administrador de Empresas, especialista en Gerencia de Mercadeo Estratégico. Instructor Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Regional Huila. Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Líder del Semillero de Investigación AGROGESTION. Correo electrónico: lherrera@misena.edu.co

² Administrador de Empresas, magíster en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental. Instructor Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Regional Huila. Centro de La Industria, La Empresa y Los Servicios. Líder Semillero de Investigación Gestores de Investigación Empresarial (GIA). Correo electrónico: alex_admon@misena.edu.co

³ Licenciado en Matemáticas y Física. Instructor Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Regional Huila. Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Colíder Semillero de Investigación AGROGESTION. Correo electrónico: cjchavarro6@misena.edu.co

apprentices with tools that allow them to improve their work performance in the execution of their practical stage, positioning the Training Center in the productive and business sector of the Colombian South region. The work proposes an analysis of the contribution of this strategy in the apprentices and the step they take during their last quarter of training, assuming social-business roles, in a real learning environment. It also presents the analysis of the results, using elements of descriptive statistics and conducting a content analysis of the virtual survey applied to the graduates of the training center, as well as the professional vision of the leading instructors of the training strategy.

Keywords: Learning, competence, entrepreneurship, comprehensive professional training, productive unit.

INTRODUCCIÓN

Diversos documentos institucionales que contemplan lineamientos pedagógicos suelen aludir a expresiones como “procesos de enseñanza-aprendizaje” o “procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación”; estas expresiones implican una serie de prácticas pedagógicas para el desarrollo de las competencias; todas subyacen en el cotidiano ejercicio en el que se traduce la formación profesional integral. Las prácticas pedagógicas de la institución han vivido transformaciones, desde una perspectiva cultural e histórica, lo cual resulta inevitable, dada la necesidad de mejorar y responder a los cambios permanentes de las características de los sujetos del aprendizaje (López, *et al.*, 2016).

Montes de Oca (2011) & Burón (1994) plantean lo siguiente:

Hoy se reconoce la necesidad de una Didáctica centrada en el sujeto que aprende, lo cual exige enfocar la enseñanza como un proceso de orientación del aprendizaje, donde se creen las condiciones para que los estudiantes no solo se apropien de los conocimientos, sino que desarrollen habilidades, formen valores y adquieran estrategias que les permitan actuar de forma independiente, comprometida y creadora, para

resolver los problemas a los que deberá enfrentarse en su futuro personal y profesional. (s.p.)

En el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA se pueden evidenciar experiencias de formación integral, que son desarrolladas en todos los Centros de Formación de la Institución. Algunos Centros Agropecuarios han sido pioneros en la aplicación de buenas prácticas pedagógicas y hoy son el referente en el que se apoya la propuesta denominada SENA Empresa, que permite garantizar una práctica pedagógica del aprendiz, coherente con el sector o apuesta productiva de la región (Ortiz, 2004).

El mismo documento plantea que SENA Empresa es una estrategia didáctica de apropiación organizacional y empresarial para el fortalecimiento del Aprendizaje Significativo, que no es otra cosa que “la capacidad que tiene el alumno de aprender conceptos, procedimientos que permitan resolver cualquier tipo de problema, una norma de comportamiento etc., cuando es capaz de atribuirle un significado” (Col, 1988. p. 131-142), bajo el enfoque de competencias laborales en ambientes técnicos y tecnológicos cercanos a la realidad, la cual propicia en el aprendiz la autogestión, el trabajo en equipo, el liderazgo, y el pensamiento crítico (López, *et al.*, 2016).

La estrategia SENA Empresa está enmarcada dentro de la Ley 119 de 1994 y el Decreto 249 de enero 28 del 2004 “por el cual se modifica la estructura del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA”, En su Capítulo IV Centros de Formación Profesional Integral, artículo 27 “funciones de las subdirecciones de los Centros de Formación Profesional Integral, numerales 11, 12, 14 y 17 al 21”.

En los anteriores numerales se menciona, en resumen, la necesidad de garantizar a los aprendices un proceso educativo teórico-práctico orientado al desarrollo de conocimientos técnicos, tecnológicos y de actitudes y valores que le permitan a la persona actuar crítica y creativamente en el mundo del trabajo y de la vida. Al unísono, el estatuto de la Formación Profesional Integral del acuerdo 00008 de 1997 plantea la formación desde el *Saber Hacer*, el *Saber Saber* y el *Saber Ser*, tanto desde el punto de vista actitudinal como técnico, manifestando que “la integralidad de la Formación Profesional consiste en el equilibrio entre los componentes tecnológico y social; comprende el obrar tecnológico en armonía con el entendimiento de la realidad social, económica, política, cultural, estética, ambiental, y del actuar práctico moral” (p. 9); implica una formación para la vida, conformado por los contextos productivo y social.

El Tecnoparque Agroecológico de Fonseca (2008) en sus publicaciones, destaca que la estrategia SENA Empresa “tiene la finalidad de mejorar la calidad de la formación de los aprendices SENA, lograr la flexibilidad de la formación orientando los módulos de una manera desestructurada que permita dar continuidad a los procesos productivos sin interrumpir la

formación, dar un manejo técnico y sostenible a las unidades productivas. La SENA Empresa permite al aprendiz vincularse en un modelo de simulación empresarial para que este pueda vivenciar de manera real todas las situaciones que se pueden presentar en los procesos: administrativos, productivos, financieros y de comercialización de una empresa (Tecnoparque Agroecológico Fonseca, 2008).

En este orden de ideas, SENA Empresa facilita la implementación del Modelo Pedagógico Institucional del SENA, ya que se enfoca en el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación de las competencias definidas en los diseños curriculares de un programa de formación (López, *et al.*, 2016).

Esta práctica se refleja en las guías de aprendizaje que problematizan situaciones y de manera sistémica propone soluciones en un entorno que refleja las condiciones laborales contemporáneas del sector. Así mismo, contribuye con el desarrollo de un perfil de aprendiz integral, libre pensador, con capacidad crítica, líder, solidario, emprendedor y creativo, y fomenta valores como el sentido de responsabilidad, la disciplina y la disposición al trabajo (López, *et al.*, 2016).

La competencia profesional según Schink (1999) implica desarrollar aptitudes humanas/sociales (decomunicación, cooperación, responsabilidad, etc.), específicas (conocimientos, destrezas, etc.) y metodológicas (habilidades mentales, estrategias cognitivas). El conjunto de ellas permite “actuar competente y responsablemente en situaciones de la vida social y laboral” (p.11).

Schink (1999) hace hincapié en la unidad entre pensamiento y acción; describe a una persona

responsable, capaz de transferir lo aprendido a otras situaciones nuevas, de analizar procesos y realizar los pasos que entiende oportunos, combinando para ello competencias clave y funcionales (específicas).

Esta orientación hacia la formación de un ser íntegro, responsable y maduro constituye un cambio de eje en la educación para el trabajo. (Fernández & Ginoris, 1998). Para evitar la rápida desactualización resultante de un proceso centrado en la transmisión de saberes disciplinarios y facilitar la incorporación de nuevos objetivos, se busca establecer procesos de formación integrales, dinámicos y orientados en competencias (Zinsmeister, 2000).

El resultado de la aplicación de principios como, el aprendizaje parte de una acción concreta, situación de aprendizaje referido a un contexto significativo, el aprendiz plantifica el procedimiento, el aprendizaje involucra procesos de comunicación interpersonales, resultados de aprendizaje como experiencias del aprendiz evaluadas, demostrando la utilidad de los resultados obtenidos; reditúa en procesos de aprendizaje integrales, distintos del tradicional; escuchar, imitar y repetir conceptos presentados por el docente. (Díaz & Hernández, 1998).

Zinsmeister (2000) afirma que un proceso integral le permite al alumno reconocer problemas, analizarlos, buscar alternativas para solucionarlos. Le permite aprender a tomar decisiones y llevarlas a cabo, controlar y evaluar sus acciones y los resultados obtenidos.

El artículo presenta las experiencias halladas al implementar la estrategia pedagógica SENA Empresa en el Centro de Formación

Agroindustrial La Angostura de la Regional Huila, la cual ha generado 14 versiones, en las que han participado 19 programas de formación para un número aproximado de 475 egresados, quienes son los responsables de apoyar la producción y comercialización de los bienes generados y servicios prestados por el Centro de Formación.

A través de la estrategia, el aprendiz desarrolla una serie de evidencias entre las cuales podemos mencionar; análisis de costos de los productos, registro de la información generada en cada una de las unidades de formación; producción, informes gerenciales de la administración de la estrategia, planes de mercadeo para ser aplicados en las instalaciones del Centro y proyectados a Centros cercanos como es el caso del CIES en la ciudad de Neiva, de igual forma, se fortalecen servicios ambientales para desarrollar procesos productivos sostenibles, entre muchos otros.

MÉTODOS E INSTRUMENTOS

El enfoque metodológico de la investigación es mixto, dado que la información es cuantitativa y cualitativa. El marco de referencia consultado permite identificar los conceptos y enfoques teóricos que sirven de plataforma para sistematizar y evidenciar la estrategia pedagógica utilizada. En la consolidación de esta, se están determinando y caracterizando las vertientes teóricas, las cuales permitirán formalizar la SENA Empresa.

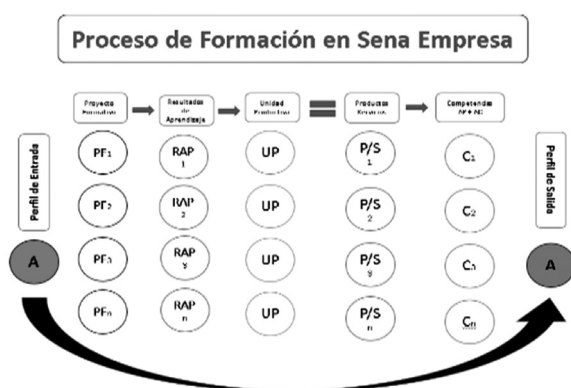
La recopilación de datos y análisis de experiencias se realizó a través de 1) una encuesta virtual aplicada a 92 egresados del Centro de Formación; 2) la aplicación de formatos de registro y control de información

en las unidades productivas de SENA Empresa, que están alineados a la política del Sistema de Gestión de Calidad del SENA; 3) entrevista individual de tipo profunda realizada a cuatro egresados del Centro de Formación; 4) eventos e informes de sustentación de SENA Empresa, que permiten evaluar el impacto de la estrategia pedagógica en el aprendiz. El procesamiento y análisis de los datos se realizó a través de Microsoft Excel 2010 y SPSS, aplicando técnicas de la estadística descriptiva y del análisis de contenido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE SENA EMPRESA LA ANGOSTURA

El ciclo de formación que realizan los aprendices a través de la estrategia SENA Empresa, el cual inicia con la asignación de los aprendices del último trimestre del Programa de Formación (PF).

Figura 1. Ciclo de formación



Fuente: Los Autores

La Figura 1 representa el modelo de formación en SENA Empresa, el cual está articulado a las competencias y resultados de aprendizaje del proyecto de formación vinculados a la estrategia. En esta el aprendiz fortalece y adquiere

conocimientos en el que hacer administrativo y técnico de las unidades productivas, donde desempeña roles de gerente, líder, apoyo técnico y asesor de unidad productiva, para lo cual desarrolla y aporta productos y servicios para consolidar y fortalecer las unidades administrativas y de formación producción de SENA Empresa.

En el desarrollo de la estrategia los programas de las diferentes especialidades ejecutan labores dando un manejo técnico sostenible, administrativo y financiero e implementan la mejora continua e innovación a las unidades de formación producción a través de la estrategia SENA Empresa. De esta manera se logra:

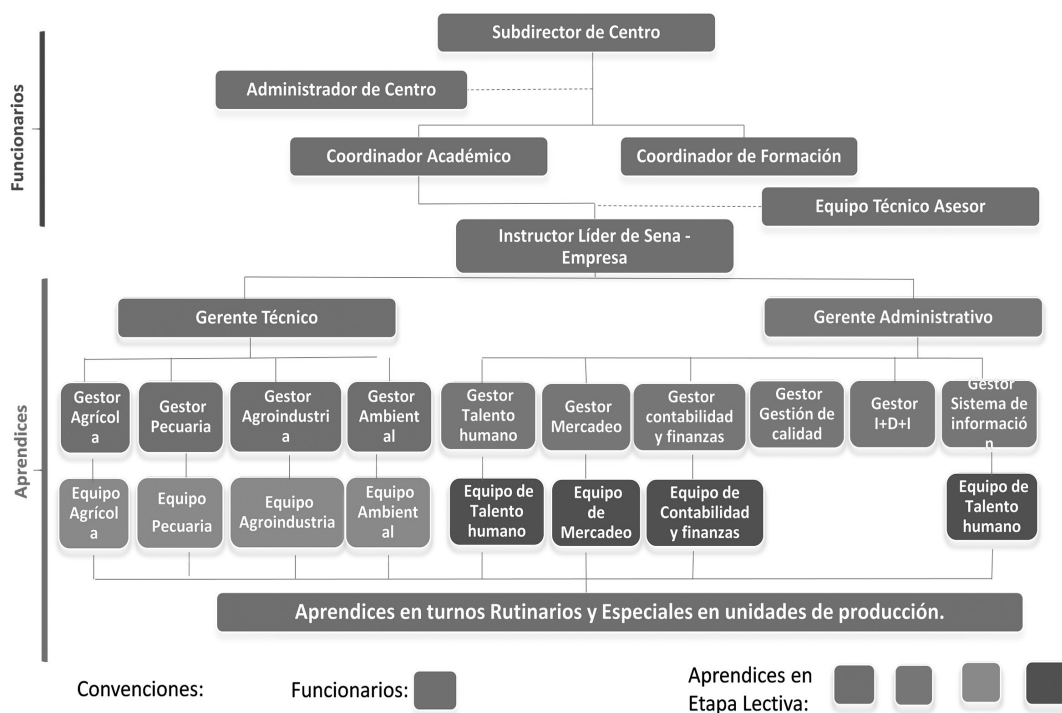
- Participación total e integral de los aprendices, instructores y producción de Centros, en las diferentes prácticas.
- Crear elementos de evaluación, seguimiento y control al complejo proceso de Formación-Producción-Comercialización como base a la toma de decisiones.
- Articular las diversas áreas del Centro, según requerimientos de producción de Centros, que buscan disminuir los costos de producción, al mejorar y aumentar la eficiencia y eficacia de los diferentes procesos de un Centro (SENA proveedor SENA).
- Permitir la conformación de un sistema de información cualitativa y cuantitativa en tiempo real y verificable apoyados de ayudas tecnológicas con software desarrollados e implementados para tal fin.
- Durante el trimestre de ejecución de la fase de SENA Empresa, el aprendiz debe cumplir con el logro de los objetivos que tenga la planeación técnica de la unidad

productiva, los cuales están trazados en productos o servicios. El aprendiz durante el proceso de formación en SENA Empresa, también adquiere competencias técnicas en las áreas agropecuarias y socioeconómicas, las cuales muchas veces no están inmersas en la estructura curricular del programa de formación. Además, adquirirá competencias actitudinales, fundamentales a la hora de formar el “ser”, misión fundamental que tiene el SENA.

Desde el análisis de las experiencias pedagógicas y de formación la estrategia permite:

- Que el aprendiz logre reforzar el desarrollo de las competencias del programa y habilidades para la vida, mediante la utilización de un escenario de simulación técnica y empresarial.
- Articular los proyectos de formación con el plan de producción del Centro. (producción de acuerdo con programas ofertados con pertinencia regional).
- Facilitar el trabajo colaborativo e interdisciplinario de los aprendices de diferentes programas de formación, de áreas afines, con el objeto de enriquecer su proceso de formación.
- Desarrollar competencias blandas adicionales al diseño curricular como emprendimiento,

Figura 2. Estructura organizacional de la SENA Empresa en los Centro de Formación con granja de producción



Fuente: López, *et al.*, 2016.

innovación, investigación, a los aprendices de todas las modalidades de formación articuladas a la estrategia. (Tecnoparque Agroecológico Fonseca, 2008).

Ahora, con el fin de lograr una implementación general de la estrategia en los 35 Centros de Formación Agropecuarios del SENA a nivel nacional, y para la adecuada administración de los procesos de formación producción de Centro y la consolidación de la estrategia de Formación SENA Empresa, se plantea una estructura organizacional generalizada que permita identificar claramente los roles que asumen cada uno de los actores involucrados en la operatividad de la misma. Es así como se identifica claramente la participación del subdirector del Centro como cabezavisible y actor fundamental en los aspectos administrativos y decisorios en la implementación y sostenimiento de la estrategia.

De la misma forma, la participación de los coordinadores como también del administrador del Centro o encargado de la producción son parte fundamental para lograr una armónica participación de instructores con el rol de asesores técnico-administrativos, y los aprendices que son quienes ejecutan las labores administrativas, técnicas y operativas de las unidades de formación producción (unidades productivas).

La organización empresarial de los aprendices parte de dos estructuras gerenciales que soportan la estrategia; estos son apoyados por sus respectivos gestores o administradores de área tanto técnica como administrativa. Y esta, a la vez, se soporta en los equipos de trabajo y los aprendices de turnos rutinarios que desarrollan las labores operativas según los requerimientos de la producción de la finca.

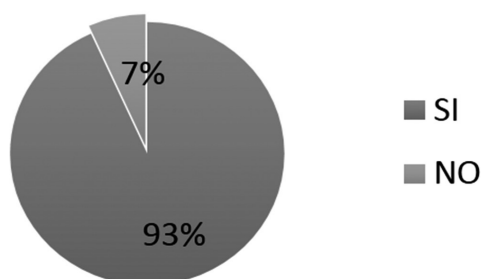
Experiencia pedagógica a partir de la SENA Empresa en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Se llevó a cabo una encuesta en la cual se indagó por la situación actual de los aprendices egresados del Centro de Formación Agroindustrial, que en el transcurso de los últimos tres años participaron directamente en la estrategia SENA Empresa; el 69 % considera que SENA Empresa es un modelo de simulación empresarial, el 21 % una estrategia que aporta a mi aprendizaje, el 9 % una empresa formada por el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, y el 1 % como requisito que se exige para la aprobación del tecnólogo.

El 50 % de los egresados califica la estrategia SENA Empresa como buena, el 41 % como excelente y el 9 % como regular. De la misma forma, el 57 % respondió que la experiencia que adquirió en SENA Empresa fue buena, el 39 % que fue excelente, el 3 % regular y el 1 % mala. El 91 % de los egresados considera que su paso por SENA Empresa sí contribuyó a su desempeño laboral y el 9 % que no fue suficiente en el desempeño. El 22 % de los egresados que fueron encuestados respondió que el aspecto que fortaleció fue planeación de las actividades, el 17 % fortaleció manejo del personal, el 16 % se fortaleció en la toma de decisiones, el 15 % los aspectos de manejo de registro, el 12 % se fortaleció en la elaboración de informes de gestión, el 10 % en gestión empresarial, el 5 % en manejo autónomo y el 3 % en resolución de problemas. Los aprendices encuestados evaluaron a la estrategia SENA Empresa como buena, ya que les permitió desarrollar y fortalecer las habilidades como Liderazgo, Capacidad de gestión, Capacidad

de decisión - autocrítico, Trabajo autónomo, Trabajo en equipo, Responsabilidad, Innovación e Investigación.

Figura 3. Capacidad para desempeño laboral



Fuente: Los Autores

El 93 % de los egresados encuestados considera que las competencias fortalecidas y adquiridas en SENA Empresa les ha permitido desempeñarse en cualquier cargo en las organizaciones, sin importar el perfil de egresado; y tan solo el 7 % considera que no les ofrece la capacidad de desempeñarse en cualquier cargo dentro de una empresa.

Un 20 % de los encuestados respondió que les hizo falta fortalecer competencias en innovación, el 18 % respondió que en ninguna de las anteriores le hacía falta fortalecer en su desempeño, el 17 % el trabajo en equipo, el 14 % que le hacía falta fortalecer en liderazgo, el 13 % en capacidad de gestión, el 8 % en la responsabilidad, el 7 % en ser más autocrítico y el 3 % en trabajo autónomo.

Los encuestados también respondieron que SENA Empresa fortaleció el manejo de registro, lo cual permitió la elaboración de informes de gestión. De la misma manera facilitó el manejo

del tiempo y el trabajo autónomo, el manejo de personal y la resolución de problemas.

Los resultados hallados en las entrevistas individuales evidencian que la estrategia de formación SENA Empresa es considerada de gran importancia para los egresados del SENA, para llevar a cabo su proyecto de vida, tanto en el ámbito profesional e integral. Por lo anterior consideran que esta les brinda la capacidad de adquirir habilidades tales como liderazgo, responsabilidad, y manejo de documentación, tabulación y análisis de información.

De la misma forma los egresados califican que la ejecución de su etapa práctica fue buena y resultó agradable por los conocimientos adquiridos durante la participación en la estrategia. Los entrevistados realizan una invitación a los aprendices del Centro de Formación a que aprovechen el tiempo y las oportunidades que les brinda el SENA y sus instructores y la participación en esta importante simulación empresarial.

Dentro del impacto generado por la estrategia en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura de la Regional Huila podemos mencionar la participación activa de los aprendices en los procesos formativos-productivos; además permitió que adquirieran mayor identidad y pertenencia institucional, el trabajo colaborativo entre las diferentes áreas de formación (comunicación, matemáticas, ética, salud ocupacional, bilingüismo, ambiental, agrícola, pecuaria, agroindustria, mercadeo, administrativa financiera, la identificación de ideas de negocio de la mano con la unidad de emprendimiento.

Todo lo anterior con el objetivo de buscar la formulación proyectos productivos sostenibles,

la ejecución de actividades de mercadeo y comercialización permanentes en el Centro de Formación, en asocio con la administración de la finca, la identificación y desarrollo de ideas de investigación, en asocio con SENNOVA, para crear y fortalecer los semilleros de investigación.

CONCLUSIONES

La estrategia de formación pedagógica SENA Empresa como apoyo a la formación por proyectos genera impactos importantes en la formación de los aprendices y en el fortalecimiento de competencias actitudinales y técnicas. También posibilita la organización en la planeación de las actividades productivas requeridas y desarrolladas por los aprendices en las unidades de formación producción.

El trabajo interdisciplinario, tanto de instructores de distintas áreas, como aprendices de los diferentes tecnólogos que convergen en la ejecución de las actividades planteadas en la estrategia de formación esto enmarcado en un sistema de gestión que cumpla con las exigencias del entorno frente a la implementación y sostenimiento de las normas de calidad y producción vigentes. El fortalecimiento de competencias blandas como el trabajo en equipo, el liderazgo la capacidad para la toma de decisiones, y de valores como la responsabilidad, el respeto, el sentido de pertenencia y la solidaridad. Finalmente, SENA Empresa permite desarrollar procesos de investigación aplicada en los procesos productivos y administrativos de las unidades del Centro de Formación, impactando así al sector productivo y empresarial de la región.

AGRADECIMIENTOS

A los aprendices del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura que participaron en la estrategia SENA Empresa, a través de sus aportes en la formación, contribuyeron al proyecto de investigación, a los compañeros instructores que apoyan la ejecución de la estrategia; en especial a María Antonia González González y al coordinador de Formación, Isaías Farfán Collazos, quienes fueron los pioneros en la implementación de tan importante estrategia de formación en nuestro Centro.

REFERENCIAS

- Acuerdo 00008. (1997). *Estatuto de la Formación Profesional Integral*. Dirección Nacional. Bogotá D.C. Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Burón, J. (1994). *Aprender a aprender: Introducción a la metacognición*. Bilbao: Editora Mensajero.
- Centro Agroempresarial y Acuícola de Fonseca. (24 de agosto de 2008). *Blog spot del Tecnoparque Agroecológico de Fonseca*. (Fonseca-Cesar). Recuperado de http://tecnoparquefonseca.blogspot.com.co/2008/08/modelo-sena-empresa_24.html
- Colunga S. S., & García, R. J. (2005). *Algunas variantes de concreción de los modelos teóricos: las estrategias, las metodologías y los programas de intervención educativa*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos36/modelos-teoricos/modelos-teoricos2.shtml>
- Coll, C. (1988). *Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo*. *Infancia y aprendizaje*, 11(41), 131-142.
- Díaz, B., & Hernández, G. (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- Fernández, A., & Ginoris, O. (1998). *Didáctica y optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje*. La Habana: Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño.

Hernández Sampieri, R. C., & Fernández Collado, C. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.

Ley 119 de 1994. (Por la cual se reestructura el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, se deroga el Decreto 2149 de 1992 y se dictan otras disposiciones). *Diario Oficial 41216 de febrero 9 de 1994*. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14930>

López, O. (compilador) et al. (2017). *Guía para la implementación de la estrategia SENA Empresa en los Centros Agropecuarios con granja del SENA. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA 82017*. Recuperado de [HTTPS://WWW.SCRIBD.COM/DOCUMENT/353020643/GUIA-SENA-EMPRESA](https://www.scribd.com/document/353020643/Guia-SENA-EMPRESA)

Monereo, C. (1995). Estrategias para aprender a pensar bien. Cuadernos de Pedagogía. (237) 0008-14. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/164797>

Montes de Oca Recio, N., & Machado Ramírez, E. F. (2011). Estrategias docentes y métodos de enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior. *Humanidades Médicas, 11*(3). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202011000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Ortiz, E. (2004). Estrategias educativas y didácticas en la Educación Superior. *Pedagogía Universitaria IX* (5), 2.

Rodríguez del Castillo, M. A. (2004). *Aproximaciones al estudio de las estrategias como resultado científico*. Centro de Ciencias e Investigaciones Pedagógicas de la Universidad Pedagógica Félix Varela. Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/ced/31/mvh3.html>

Schink, H. (1999). La noción de “competencia de acción”, una propuesta para la reconceptualización de la educación para el trabajo – Aproximaciones al tema de competencias. *Ponencia “Pedagogía 99”*. Ponencia llevada a cabo en La Habana, Cuba.

Tecnoparque Agroecológico Fonseca (2008). *Modelo Sena Empresa. Sena Empresa Fonseca*. Recuperado de: http://tecnoparquefonseca.blogspot.com.co/2008/08/modelo-sena-empresa_24.html

Zinsmeister, K. (2000). Técnicas para el Aprendizaje por la Acción Empresa Simulada. Recuperado de https://tecnologiagestion.wikispaces.com/file/view/Empresa_simulada_Aprendizaje_por_la_accion.pdf

Cómo referenciar este artículo

Chávarro Murcia, C. J, Herrera Hernández, L. F., & Semanate Quiñonez, H. A. (2017). SENA Empresa, una estrategia de formación pedagógica. *Revista Vía Innova*, 4(4), 57-66. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1181>

Un análisis de la estructura productiva del Alto Magdalena

An analysis of the productive structure of Alto Magdalena

DIANA PATRICIA GALINDO ÁVILA¹

GLORIA ISABEL PRECIADO TRUJILLO²

RESUMEN

Este artículo da a conocer el desarrollo del proyecto de investigación que permitió la caracterización empresarial de la provincia del Alto Magdalena, cuyo objetivo es determinar los elementos esenciales que influyen en el crecimiento económico de la región.

Dentro del desarrollo de la investigación se usó como referente metodológico el libro *Metodología de la investigación* de César Bernal; que plantea las siguientes etapas: Fase preparatoria que hace correlación a la etapa reflexiva y conformación cultural del investigador; en este sentido fue fundamental la contextualización teórica, conceptual y legal de la temática estudiada. En la Fase de diseño, se estableció el uso del enfoque cuantitativo de tipo descriptivo. Por su parte, la Fase de ejecución contó con un acceso al campo, un acercamiento formal e informal con las diferentes entidades; Alcaldías, Cámaras de Comercio y Secretarías de Desarrollo Económico de los ocho (8) municipios objeto de estudio y, por último, se realizó la etapa analítica en donde se interpretaron los datos recolectados.

La investigación permitió evidenciar que el Municipio de Girardot practica la teoría del lugar central de *Walter Christaller*, centralizando entidades públicas y privadas; Cámaras de Comercio, sector Salud, mayor oferta educativa, mayor número de población flotante y un notable número de Mipymes del Alto Magdalena.

Palabras clave: Desarrollo regional, provincia Alto Magdalena, sectores económicos, oportunidades, unidades empresariales, infraestructura.

Recibido: 15/07/2017 Aceptado: 25/10/2017.

ABSTRACT

This article presents the development of the research project that allowed the entrepreneurial characterization of the province of Alto Magdalena, whose objective is to determine the essential elements that influence the economic growth of the region.

As part of the development of the research, César Bernal's book *Methodology of Research* was used as a methodological reference; which poses the following stages: preparatory

¹ Estudiante del Programa de Administración de Empresas. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Centro Regional Girardot. Correo electrónico: dianagalindoavi@gmail.com. Celular: 3147688408.

² Líder del proyecto del Programa de Administración de Empresas. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Centro Regional Girardot. Correo electrónico: gipt321@hotmail.com. Celular: 3203158285.

phase that correlates the reflective stage and cultural formation of the researcher; in this sense, the theoretical, conceptual and legal contextualization of the subject studied was fundamental. In the desing phase was stablished the use of the descriptive quantitative approach. On the other hand, the execution phase had access to the field, a formal and informal approach with the different entities; Municipalities, Chambers of Commerce and Secretariats of Economic Development of the eight (8) municipalities under study and, finally, the analytical stage where the data collected was interpreted.

The investigation made it possible to demonstrate that the Municipality of Girardot practices the central place theory of Walter Christaller, centralizing public and private entities; Chambers of Commerce, the health sector, greater educational offer, greater number of floating population and a notable number of small and medium enterprises (SME) of the Upper Magdalena.

Keywords: Regional development, Upper Magdalena province, economic sectors, opportunities, business units, infrastructure.

INTRODUCCIÓN

Como afirma Landínez León, (2009) en su trabajo *Medio Ambiente y Pobreza: Realidades de Colombia y Chile*, los modelos de desarrollo asumidos por algunas sociedades durante los últimos años, han defendido la idea de que el crecimiento económico automáticamente traerá bienestar.

Muchas veces las aplicaciones de modelos de crecimiento regional han generado terribles situaciones de pobreza y alarmantes deterioros ambientales. Al respecto, Barro (1990) considera los modelos de crecimiento endógeno y da a entender que cada uno de los avances del conocimiento y la ciencia debe ser aprovechado por las empresas para generar nuevas comprensiones. De acuerdo con Porter (1999), las asociaciones gremiales o clúster (cúmulo, conglomerado) son “un grupo geográficamente denso de empresas e instituciones conexas, pertenecientes a un campo concreto, unidas por rasgos comunes y complementarios entre sí”. (p. 205). La provincia del Alto Magdalena es

una región del departamento de Cundinamarca en Colombia, compuesta por ocho municipios (Agua de Dios, Nilo, Ricaurte, Jerusalén, Nariño, Tocaima, Guataquí y Girardot), con una población total de 152.271 habitantes según el censo del DANE en 2005.

Se evidencia que en la provincia del Alto Magdalena junto con Girardot se presentan ineficiencias en términos de vivienda, en el fortalecimiento de la capacidad turística, en el fomento del ecoturismo y en el respeto por el potencial fluvial, junto con la creciente brecha en el uso de las tecnologías, lo cual lleva a crecientes debilidades que, de ser superadas, pueden llegar a impactar efectivamente en el desarrollo regional.

Dentro del desarrollo metodológico, el presente trabajo cuenta con el proceso de análisis de contexto, posteriormente, se identifica la etapa de diseño, donde se establece la población objeto de estudio, los escenarios, lugares y localizaciones que permitieron profundizar y obtener información de la problemática

investigada. Para ello contamos con los ocho municipios (Castellanos, García, & Ochoa) que componen la provincia del Alto Magdalena. Posteriormente, se desarrolla la etapa de ejecución, a través de la cual se obtiene acceso al campo y un acercamiento formal e informal a la temática. En este sentido se realiza el diseño de instrumentos (ficha de caracterización o encuesta de caracterización) y establecimiento de técnicas que permitieron obtener información fundamental.

En tercer lugar, se encuentra la fase analítica en la que se organiza de forma estructurada de la información obtenida durante el transcurso de la investigación. Por último, la fase informativa en la que se elabora un resumen de los principales hallazgos encontrados; estos descubrimientos son interpretados y analizados, con el fin de plantear recomendaciones puntuales sobre lo evidenciado.

La investigación pretende ser una herramienta que genere la articulación entre organizaciones gubernamentales, que permita la identificación de cada una de las debilidades del territorio y abre las posibilidades para generar espacios donde se potencialicen aquellas actividades económicas no tradicionales, que, de una u otra forma, han aportado a cada uno de los municipios de la provincia del Alto Magdalena.

ANÁLISIS TEÓRICO, CONCEPTUAL

Teoría de la localización agrícola de Von Thünen

La renta de la tierra

El inicio del estudio de temas de economía espacial es relativamente reciente, el cual se da a partir de desarrollos apartados del cuerpo

central de la teoría económica tradicional. El primer desarrollo teórico en la literatura, considerado cronológicamente, es del alemán Johann Heinrich Von Thunen, quien en su obra *El estado aislado* plantea, a mediados del siglo XIX, un modelo de localización agrícola que parte del supuesto elemental de un conjunto de consumidores rodeados por una llanura, sin diferencias en la tierra y con idénticas posibilidades de transporte en todas las direcciones, es decir, un espacio totalmente homogéneo. De manera concreta, Von Thunen (1966) construyó un modelo basado en los precios de la tierra, la calidad de la misma y los costes del transporte, a partir de lo cual diseñó un marco explicativo de la localización de los cultivos agrícolas en un espacio homogéneo, en torno al mercado en el que se intercambiarían los productos, que para el autor estaba representado por la ciudad.

La Teoría del Lugar Central

La teoría de lugar central fue elaborada por Walter Christaller en 1993, a principios de los años treinta del siglo XX y modificada por August Lösch en 2010 a fines de la misma década. Al continuar en la línea de los anteriores teóricos como Von Thünen, con su escenario agrícola y Weber, con la localización manufacturera, Christaller (1993) retoma en su trabajo la forma en que se distribuyen en el espacio las actividades económicas y las poblaciones. En 1933 se publicó en Alemania el trabajo clásico de Walter Christaller, los lugares centrales en Alemania meridional, que dio origen a una teoría sobre la distribución y jerarquización de los lugares centrales en un espacio isotrópico. Dicha obra sentó las bases para explicar la organización de las redes urbanas, teorizando sobre las pautas de ordenación de los núcleos

urbanos, considerados como centros de servicios que equipan a la población circundante.

La teoría *de los lugares centrales* asume que donde se prestan los servicios se acercan las personas para obtenerlos. De esta manera aparece un punto en el espacio que organiza el territorio en torno a sí, dada una lógica de comportamiento económico que gobierna la aparición de servicios y sus posibilidades de triunfar; producción localizada de forma exógena (por el azar, por alguna decisión de una autoridad pública o por cualquier otra razón) dentro de una zona económicamente atrasada (Polo, Schellekens, & Kaal). Por su dimensión y desarrollo tecnológico, dicha unidad motriz o empresa líder produce para mercados distintos de la localización, aunque tiende a demandar y crear en dicho lugar una gran parte de los requerimientos y servicios que precisa.

Para lograr un buen desarrollo productivo teniendo en cuenta las teorías expuestas, estas se deben sincronizar y armonizar bajo la estrategia competitiva de Michael Eugene Porter (1980), la competitividad está determinada por el valor del producto generado por una unidad de trabajo o de capital. La productividad es función de la calidad de los productos (de la que a su vez depende el precio) y de la eficiencia productiva. Por otro lado, la competitividad se presenta en industrias específicas y no en todos los sectores de un país.

Dentro de la teoría económica se hallan tres sectores sobresalientes. El Banco de la República (2015), en su página web biblioteca virtual los describe textualmente de la siguiente manera:

- *Sector primario o agropecuario*. En el cual

se obtiene el producto directamente de la naturaleza, dentro de él se localiza la agricultura, la ganadería, la pesca, la caza.

- *Sector secundario o industrial*. Comprende las actividades económicas relacionadas con la transformación industrial de alimentos y otro tipo de bienes y mercancías.

- *Sector terciario o de servicios*. Incluye actividades que no producen una mercancía en sí, pero que son necesarias para el funcionamiento de la economía, por ejemplo: el comercio, los restaurantes, los hoteles, los transportes, las comunicaciones, entre otros. En este sector está el Turismo, que es considerado una de las industrias más grandes y emprendedoras de la sociedad actual (s.p.).

El siguiente marco desarrolla los conceptos básicos que son fundamentales para contextualizar el proyecto de investigación.

- *Territorio*

El territorio "se orienta en diferentes escalas del espacio geográfico" (G. DiMéo, 1998, p. 141). Una geografía de los territorios exige descender a un nivel de análisis a la vez más fino que el de los grandes temas de la geografía clásica (ciudad, región, lugares rurales, barrios, valles), pero también más impreciso (el territorio del lobo), es decir, ubicuo e ideal, el "territorio del vacío" (Corbin, 1993, p. 19). La multiplicación y la trivialización de los usos actuales del término *territorio* contribuyen a atenuar la fuerza de este concepto.

- *Desarrollo Regional*

El desarrollo regional es concebido por The Contracting Society (2003) como un proceso holístico en el cual distintos actores de la región participan en la definición, decisión e implementación del desarrollo más conveniente

para las presentes generaciones, sin afectar la capacidad de inversión económica y social, ni los activos ambientales de las futuras generaciones.

- *Necesidades Básicas Insatisfechas*

Sen (1981) anota que en cada método de medición hay concepciones particulares sobre la pobreza, y que su uso tiene un interés propio en las tareas de diagnóstico sobre la magnitud del fenómeno y en su forma de enfrentarlo. Con esta orientación, se hace un recuento de los distintos métodos de medición de la pobreza, para establecer la ubicación de la de NBI y su concepción de pobreza. A partir de allí se exploran las ventajas y limitaciones de uso para fines prácticos de análisis social y para la definición de políticas (Fresneda Bautista, 2007, p.14).

METODOLOGÍA

Enfoque y Tipo de investigación. La investigación se desarrolló con la Metodología Cuantitativa de tipo Descriptivo. Esta clasificación permite una descripción numerológica detallada de situaciones, eventos, personas, interacciones

y características que son observables. Lo más importante es que convierte en partícipes directos a los actores involucrados, a través de lo cual posibilita revivir sus experiencias, conocer sus actitudes, creencias, pensamientos y reflexiones tal y como son percibidas.

El tipo Descriptivo explica las situaciones predominantes de la realidad. No solo permite recolectar información, sino también, la identificación de variables relevantes que admita la interpretación del contexto de acuerdo con los objetivos que plantea la investigación. Con fundamento en lo anterior se describen las condiciones socioeconómicas de cada uno de los municipios bajo estudio, que permite el análisis de la información referente a los municipios con menor participación productiva y aquellos que poseen un nivel de desarrollo mayor.

MUESTRA

La Muestra seleccionada está representada por las 859 empresas que hacen presencia en la región del Alto Magdalena y presenta las siguientes características.

Tabla 1. Caracterización empresarial

ACTIVIDAD ECONOMICA	AGUA DE DIOS	RICAUARTE	NARIÑO	JERUSALEN	NILO	GUATAQUI	TOCAIMA	GIRARDOT	TOTALES
RESTAURANTES	6	7	2	3	21	2	36	253	332
ARTESANAL	3	3	1	0	0	0	6	15	27
RECREACION	2	2	9	0	1	0	10	11	29
ESTETICAS	9	1	1	0	2	0	10	119	144
FERRETERIAS	0	4	2	1	4	0	4	49	64
PANADERIAS	4	2	1	1	2	0	6	66	82
INMOBILIARIAS	0	1	0	4	0	0	3	47	55
ALOJAMIENTO	8	7	2	0	2	1	30	76	126
TOTAL POR MUNICIPIO	32	27	18	9	32	3	105	636	859

Fuente: Elaboración Propia

Muestreo:

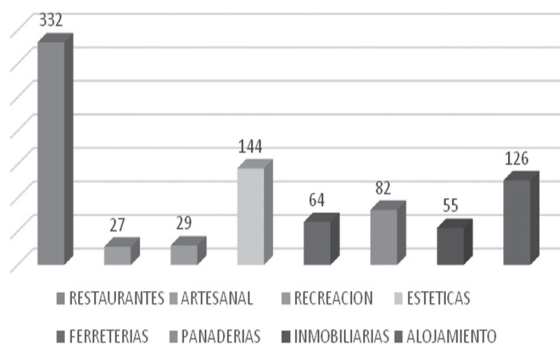
Una vez establecidas las 859 empresas como el Universo N, se procede a trabajar en el muestreo aleatorio simple de donde se aplica la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra (<http://normasapa.net/formula-muestra-poblacion/>):

$$\begin{aligned}
 N &= \text{Tamaño de la población (859)} \\
 p &= \text{probabilidad de éxito (0,5)} \\
 q &= \text{Probabilidad de fracaso (0,5)} \\
 z &= \text{Nivel de confianza (1,96)} \\
 e &= \text{Margen de error (0,05)} \\
 n &= \frac{0.5 (1 - 0.5)}{\frac{(0.5)^2}{(1.96)^2} + \frac{0.5 (0.5)}{589}} = 265 \text{ encuestas}
 \end{aligned}$$

RESULTADOS

Con la aplicación de los instrumentos diseñados se obtuvo la siguiente información que caracteriza a las empresas que hacen presencia en la provincia del Alto Magdalena.

Figura 1. Actividad económica provincia Alto Magdalena

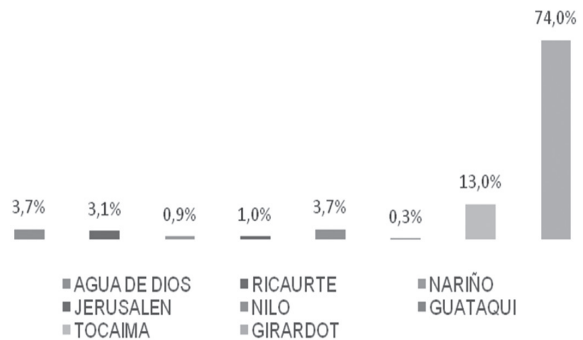


Fuente: Elaboración Propia

La Figura 1 muestra la actividad económica de las 859 empresas de la provincia del Alto Magdalena que en su mayoría están constituidas

por Mipymes del sector Turismo y Servicios. Predominan la existencia de 332 restaurantes, luego 144 estéticas, 126 empresas dedicadas al alojamiento y 27 instituciones artesanas con la más baja numeración.

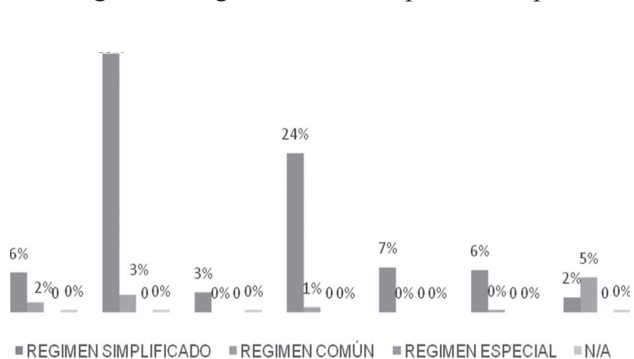
Figura 2. Composición Empresarial porcentaje por municipio



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2 se evidencia que un 74 % de las actividades de Girardot se concentran en sectores económicos. El sector que tiene la mayor representatividad es el terciario de la economía, especialmente porque las actividades como el Turismo y el Comercio conforman la estructura empresarial de la provincia, esto en cuanto al mayor porcentaje; pero un 0,3 % de composición empresarial es preocupante para el municipio de Nariño.

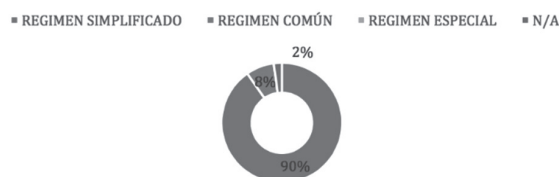
Figura 3. Registro tributario por municipio



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, Girardot junto con Tocaima poseen la mayor participación en cuanto a registro de empresas en régimen simplificado. Es claro que para la provincia el registro de empresas en régimen común todavía es escaso, lo cual confirma que la estructura empresarial de la región continúa siendo de pequeñas y medianas empresas, cuyo capital no supera los 280 millones de pesos.

Figura 4. Registro Tributario Provincia



Fuente: Elaboración Propia

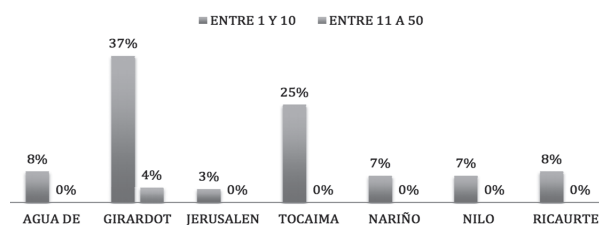
La anterior figura representa esta situación, por medio de la cual se constata que más del 90 % de las empresas del Alto Magdalena pertenecen al régimen simplificado, tan solo el 8 % al régimen común y un escaso 2 % al régimen especial.

Tabla 2. Número de personas contratadas por municipio

	ENTRE 1 Y 10	ENTRE 11 Y 10	ENTRE 11 Y 50	ENTRE 11 Y 50
AGUA DE DIOS	21	8%	0	0%
GIRARDOT	99	37%	10	4%
JERUSALEN	9	3%	0	0%
TOCAIMA	66	25%	0	0%
NARIÑO	18	7%	0	0%
NILO	18	7%	0	0%
RICAURTE	21	8%	0	0%
TOTAL	252	96%	10	4%

Fuente: Elaboración Propia

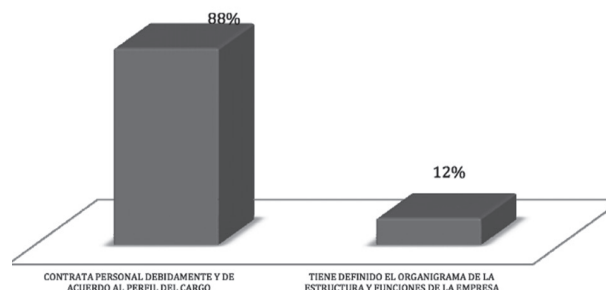
Figura 5. Número de trabajadores contratados



Fuente: Elaboración Propia

Para el mercado laboral la población encuestada posee una planta laboral compuesta no más allá de 10 trabajadores, concentrada en Girardot con un 37 %. A pesar de ello la participación de municipios como Tocaima con 25 %, Agua de Dios con 8 % y Ricaurte aportan a la contratación laboral como empresas pequeñas. Tan solo el 4% (10) de las empresas encuestadas en Girardot están en el rango de contratación de más de 11 a 50 trabajadores. Los territorios que más aportan al empleo en la provincia son Girardot, Tocaima y Agua de Dios.

Figura 6. Vinculación y administración del personal empresas provincia Alto Magdalena

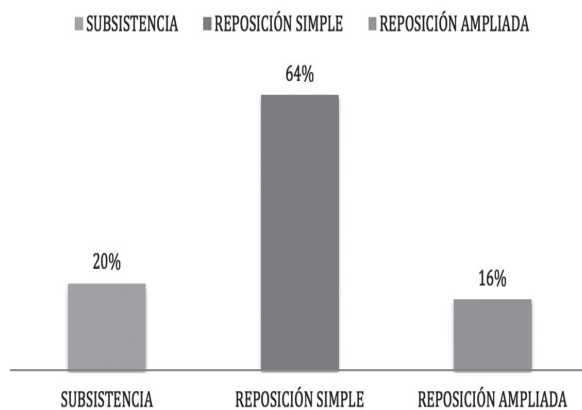


Fuente: Elaboración Propia

Ante este panorama es claro que el sector empresarial de la región del Alto Magdalena tiene clara la necesidad de los perfiles profesionales en una organización, especialmente el 88 % de las empresas (232 empresas) contrata el

personal de acuerdo con el perfil del cargo. Pero en contraste a este no se tienen definidos todos los perfiles y competencias para cada cargo en el negocio. Un 12 % (32 empresas) tienen definido el organigrama de la estructura y funciones de la empresa. Esta es una alarma para las IES en términos de promocionar el acompañamiento organizacional para que desde la academia surjan alternativas y se genere un orden administrativo en cada una de las empresas de la región.

Figura 7. Generación de ganancias provincia Alto Magdalena

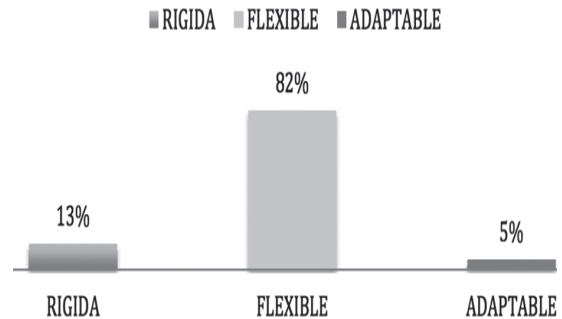


Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se puede concluir que, para la provincia del Alto Magdalena, el 64 % de las empresas encuestadas, es decir 169, están caracterizadas dentro de su generación de ganancias la reposición simple. En otras palabras, que estas empresas de todos los ingresos que percibe por la venta de los productos, le permiten sustituirlos, es decir, apenas hay una generación mínima de niveles de ganancia para sustitución de producto.

Luego de conocer de manera agregada la respuesta de los datos, se establece que, en un porcentaje alto de participación en promedio,

Figura 8. Dinámica de desempeño empresarial de acuerdo con la línea de producción en la provincia del Alto Magdalena



Fuente: Elaboración Propia

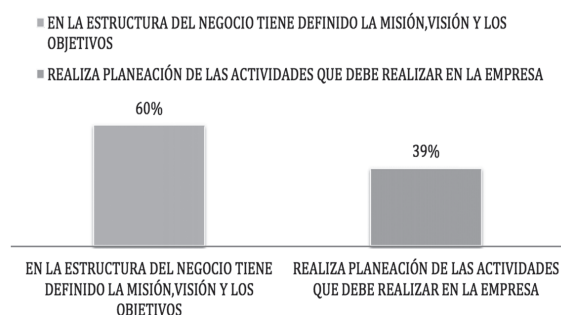
comportando los demás municipios, la tendencia se orienta hacia los modelos de producción Flexibles, lo cual indica que cada uno de estos territorios pueden vender varias líneas de productos con los actuales procesos que dispone en la empresa, sin necesidad de realizar nuevas inversiones.

Cuando se habla de la cantidad y variedad de productos rígidos hace referencia a que la empresa está capacitada para generar o vender un solo producto o una línea de productos y tendría dificultad para atender al mercado con diversas líneas de producción. Para municipios como Tocaima, Nariño, Nilo, y Girardot, responden que sus sistemas de producción aún son rígidos en cierta medida.

En el Grafico 9 se representan los resultados de los requisitos de la planeación empresarial a través de la cual se solicitaba a la empresa marcar aquellos que se cumplían. Para ello se halló que el 60 % de las empresas encuestadas poseen una estructura organizacional y tienen definida la misión, la visión y los objetivos

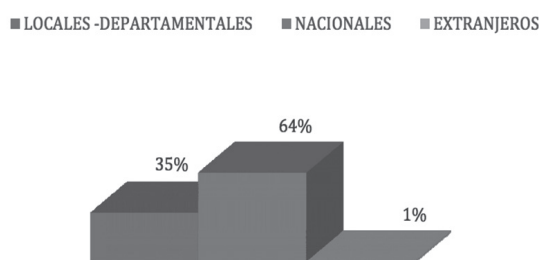
(160 empresas) y un 39 % (103 empresas) efectúan una planeación de las actividades que las mismas deben realizar. Es claro entonces que aún falta mucho apoyo dentro del proceso de planeación administrativa y es necesario que desde la academia se generen espacios de capacitación para que las entidades puedan como mínimo, en más del 80 %, tener clara su estructura organizacional y las rutas de hacia dónde se dirigen específicamente, porque planificar es la clave.

Figura 9. Planeación Estratégica de las empresa provincia Alto Magdalena



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico10. Procedencia de insumos y procedencia de materias primas

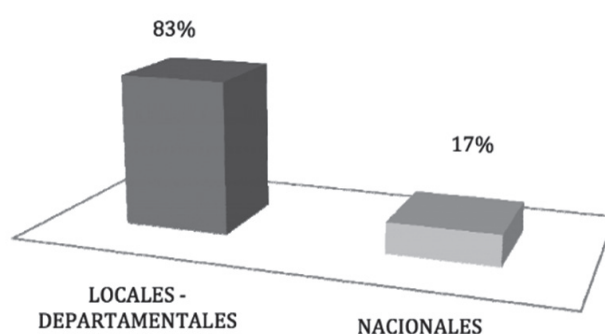


Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en la figura anterior, las empresas de la región prefieren la procedencias o abastecimiento de insumos y materias primas de forma nacional con una participación del 64 % (169 empresas). De esta manera se deja a

un lado la producción de materias primas de la región, que obligan a que las pequeñas empresas tengan que buscar cómo subsistir en un mercado donde la materia prima regional tiene un índice de participación del 35 % a nivel Local-Departamental. También es posible identificar que la participación de materias primas a nivel internacional es mínima de abastecimiento del 1 % a nivel extranjeros.

Gráfico 11. Procedencia de los clientes provincia Alto del Magdalena



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados representados en el Grafico 11 nos permite observar que la mayoría de los clientes que tienen las empresas son de procedencia Local – Departamental con el 83 %; es decir, que para las 265 empresas encuestadas 219 tienen sus clientes dentro de la provincia, tan solo el 17 % pertenece a clientes nacionales.

Desde una persepitiva de provincia, — exactamente en el comportamiento de la competitividad empresarial como lo muestra la gráfica anterior—, la situacion que identifica la caracterizacion de las empresas frente a la competencia dentro de la provincia está representada por tener precios más bajos de los ofrecidos en el mercado, con un porcentaje

50% (133 empresas); esto quiere decir que la mitad de las empresas de la provincia tienen como bandera competitiva el manejo de buenos precios para posicionarse en el mercado, seguida por la buena calidad de los productos ofrecidos con el 29%, luego la disponibilidad inmediata de los productos ofrecidos con el 11% y por último, la excelente atención y servicio al cliente con un 10% (26 empresas) lo cual evidencia que para las empresas de la provincia del Alto Magdalena todavía no es relevante la atención al cliente ni en el proceso de venta ni en el de posventa.

Figura 12. Diferencial competitivo de las empresas del Alto Magdalena



Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

El estudio permitió evidenciar la inexistencia de un encadenamiento regional que permita que las unidades empresariales dinámicas jalonen el desarrollo hacia los municipios más pobres; con base en sus resultados se observó que Girardot concentra y absorbe la demanda de la provincia para el sector terciario. Se deben crear, para la provincia del Alto Magdalena, espacios para el desarrollo turístico rural, especialmente en aquellas zonas que se encuentran con mayores problemas de recursos pero que poseen

atractivos turísticos religiosos, como es el caso del municipio de Nariño.

Como es evidente, Girardot se visualiza como ciudad educativa que posee una ubicación geográfica estratégica que le permite brindar servicios de educación superior a los municipios de la provincia, de esta manera logra que se minimice la brecha de acceso a la educación superior y se cumplan los objetivos trazados en el Plan 2019. Sin embargo, las condiciones de los demás territorios en materia de educación superior son escasas; para el caso particular de Tocaima en donde existe una de las poblaciones más densas después de Girardot (10,9 % de la población de la provincia con 17.814 habitantes), seguido por Agua de Dios con 11.419, es decir, el 7 % del total de habitantes de la provincia. De acuerdo con lo anterior, se concluye que Girardot es el más importante por su influencia en el tejido regional, como eje central de mercado de la provincia, dado a que el 62 % de su población total reside en esta zona.

Finalmente, se recomienda el avance del proceso de sinergia con la industria arrocera del Tolima y las áreas productoras de arroz de la provincia, con el fin de establecer vínculos productivos de la cadena de valor para generar espacios de promoción del empleo y el bienestar para los pequeños productores. De esta manera se potencializa el desarrollo económico agropecuario, con miras a hacer frente al manejo del sector desde el punto de vista del Tratado de Libre Comercio Internacional (TLC). Ello, en consideración de que los municipios con vocación agropecuaria, especialmente en cultivos como maíz y arroz, pueden encontrar restricciones al acceso de los mercados internacionales en caso de no cumplir con las medidas exigidas por el mismo.

REFERENCIAS

- Barro, R. (1990). Government spending in a simple model of Endogeneous Growth. *The Journal of Political Economy*, 98(S5), 103-125. doi:10.1086/261726.
- Banco de la República. Subgerencia Cultural. (2015). Sectores económicos. Recuperado de http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sectores_economicos
- Castellanos, J., García, C., & Ochoa, G. (2013). Metodología para la medición multidimensional de la sostenibilidad en fincas cafeteras. Recuperado de crece.org.co
- Corbin, A. (1993). *El territorio del vacío. Occidente y la invención de la playa*. Barcelona, España: Mondadori Grijalbo Comercial, S.A.
- Chrtstaller, W. (1933). *Central places in southern Germany*. USA: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Di Méo, G., Morales, M., & Giraud, M. (1998). *Géographie sociale et territoires*. Recuperado de http://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1999_num_108_608_21782_t1_0441_0000_1
- Fresneda Bautista, O. (2007). *La medida de necesidades básicas insatisfechas (NBI) como instrumento de medición de la pobreza y focalización de programas*. Recuperado de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4816/S0701027_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Landínez León, M. R. (2009). *Proyecto de Investigación y desarrollo Medio Ambiente y Pobreza: Realidades de Colombia y Chile*. Recuperado de <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2016/1sin/29.pdf>
- Polo, J., Schellekens, J., & Kaal, J. (2015). Composición de la materia orgánica en los suelos de seis zonas edafoclimáticas del Magdalena (Colombia). *Spanish Journal of Soil Science*, 5(3), 243-258. doi: <https://doi.org/10.3232/SJSS.2015.V5.N3.05>.
- Porter, M. (1997) *Ser competitivo: Nuevas aportaciones y conclusiones*. Bilbao, España: Deusto S.A. Ediciones.
- Porter, M. (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*. New York: The Free Press.
- Sen, A. (1981). *Poverty and Famines. An Essay on Entitlement and Deprivation*. Oxford: Clarendon Press.
- Desarrollo Regional. (2003). Recuperado de <http://www.contractingsociety.com/regional.htm>
- Von Thünen, J. H. (1966). *The Isolated State*. New York: Pergamon Press.

Cómo referenciar este artículo

- Galindo Ávila, D. P., & Preciado Trujillo, G. I. (2017). Un análisis de la estructura productiva del Alto Magdalena. *Revista Vía Innova*, 4(4), 67-77. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1182>

Exploración de los potenciales impactos que genera el proceso artesanal de beneficio de la hoja de cachaco como empaque tradicional en el sur del Tolima

Exploration of the potential impacts generated by the craft process of benefitting the cachaco leaf as a traditional package in the south of Tolima

JHUSTY MORENO HENAO¹
HELGA PATRICIA BERMEO²

RESUMEN

La producción de hojas de cachaco para su posterior transformación como empaque natural de alimentos tradicionales, es la principal actividad económica de las comunidades indígenas que habitan en la zona rural del municipio de Coyaima al sur del Tolima. Por consiguiente, este estudio presenta los resultados iniciales de la medición de los impactos sociales y ambientales que genera el proceso de suavizado de hojas de cachaco como actividad productiva. Los impactos se estimaron a partir del análisis de la información obtenida mediante la consulta a productores y la observación directa en trabajo de campo. Aquellos identificados en la zona se relacionan con utilización de especies nativas maderables en territorios de reserva forestal; emisión de contaminantes por la quema de leña a cielo abierto en sitios de cultivo; afectación a la salud de los productores por exposición del torso superior durante largos periodos de tiempo a altas temperaturas y, a la vez, por el desarrollo de esta actividad en condiciones no ergonómicas.

Palabras clave: Impactos, Transformación artesanal, Alimentos tradicionales, Cachaco.

Recibido: 31/07/2017 Aceptado: 25/10/2017.

ABSTRACT

The production of cachaco leaves for future processing as a natural package of traditional foods, is the main economic activity of the indigenous communities that live in the rural area of the municipality of Coyaima south of Tolima. Therefore, this study presents the initial results of the measurement of social and environmental impacts generated by the cachaco leaf softening process as a productive activity. The impacts were estimated from the information analysis obtained by consulting producers and direct observation in field work. Those identified in the area are related to the use of native timber species in forest reserve territories; pollutants emissions from the burning of open firewood in farming places; effects on the health of the producers due to exposure of the upper torso for long periods of time at high temperatures and, at the same time, due to the development of this activity under non-ergonomic conditions

Keywords: Impacts, craft transformation, traditional foods, Cachaco.

¹ Grupo de Investigación GINNOVA-Universidad de Ibagué. Correo electrónico: jhusty.moreno@unibague.edu.co

² Grupo de Investigación GINNOVA-Universidad de Ibagué. Correo electrónico: helga.bermeo@unibague.edu.co

INTRODUCCIÓN

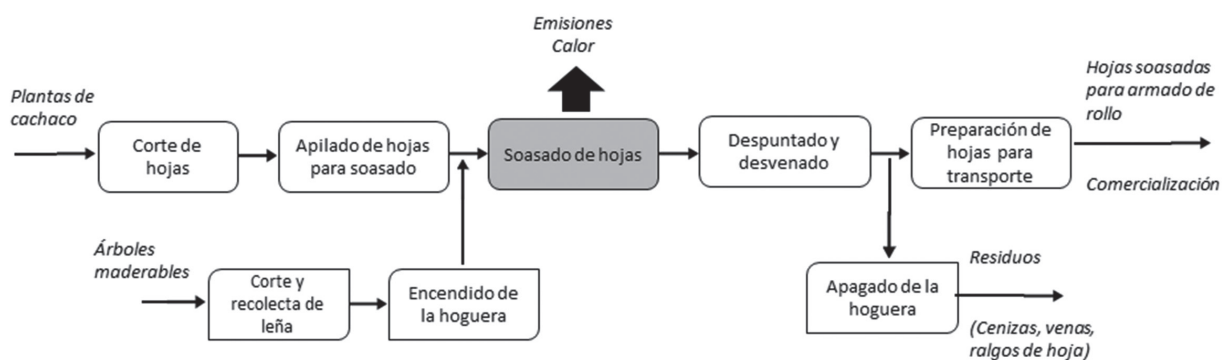
El departamento del Tolima es una de las principales regiones con vocación agrícola en Colombia, debido a sus características edafoclimáticas y la localización estratégica frente a los principales centros de consumo del país; se destaca por sus altos volúmenes de producción en cereales, café, frutas y hortalizas. Un caso particular se configura al sur del Tolima con la producción intensiva del cultivo de *cachaco* —clasificado taxonómicamente en la familia de las *musaceas*, subfamilia *musoideae*, género *musa*, sección *eumusa*— (Belalcázar, Valencia, & Lozada, 1992), cuyos volúmenes de producción lo hace el gran productor a nivel nacional (Bermeo *et al.*, 2016). Se estima que desde Coyaima resultan semanalmente entre 12 y 14 camiones con capacidad de 1.200-1.400 rollos (de 7-8 kg por rollo aproximado) equivalentes a 150-200 toneladas convertidas entre 1,5 y 2 millones de tamales en Bogotá (Acevedo, 2015).

Situadas en la región alta de la cuenca del río Guaguarco en Coyaima, cerca de mil familias indígenas viven de la economía informal y de

subsistencia, resultado de la actividad productiva de hoja de cachaco (Tirivayi, Knowles, & Benjamin, 2016; Toledo & Barrera, 2008; Sogamoso, 2016). De acuerdo con Acevedo (2015), esta actividad constituye una adaptación multifuncional productiva, económica, social y ambiental, generada a partir de la creatividad de los productores, que permite a las comunidades de la región fortalecer su tejido social, ofrecer alternativas de permanencia a las nuevas generaciones, mejorar la calidad de vida de los pobladores y desarrollar procesos de trabajo adaptados a las condiciones del entorno natural y social.

En el proceso de transformación de la hoja de cachaco (Figura 1) el productor se desplaza hacia el lote donde se encuentra el cultivo, inicia con el corte y la recolección de las hojas que luego se soasan en hogueras improvisadas con leña de especies maderables que se hallan en las mismas parcelas de cultivo. El propósito de soasar las hojas es abastecerlas de mayor resistencia; color verde satín y olor característico a leña. La hoja soasada por el fuego es fraccionada con el uso de un bisturí para organizar una envoltura

Figura 1. Proceso de transformación de la hoja de cachaco



Fuente: Las Autoras

del tamaño ideal para un tamal, de la siguiente forma: a cada hoja le es cortada la *punta* (50 cm desde el ápice) (despuntado) y al restante de hoja le es quitada la vena (desvenado) para separar trozos de hoja en pequeñas piezas llamadas rasgos. Finalmente, para su comercialización se organizan rollos de cincuenta puestos, cada puesto con una punta y tres o cinco rasgos.

La aproximación a los impactos de esta actividad productiva se hizo a partir de lo sugerido por Ludevid (1997) como se citó en Martínez (2010). Según estos autores, los sistemas humanos y los sistemas naturales interactúan entre sí, y su comportamiento y configuración están influidos por factores tanto internos como externos (ver Figura 2).

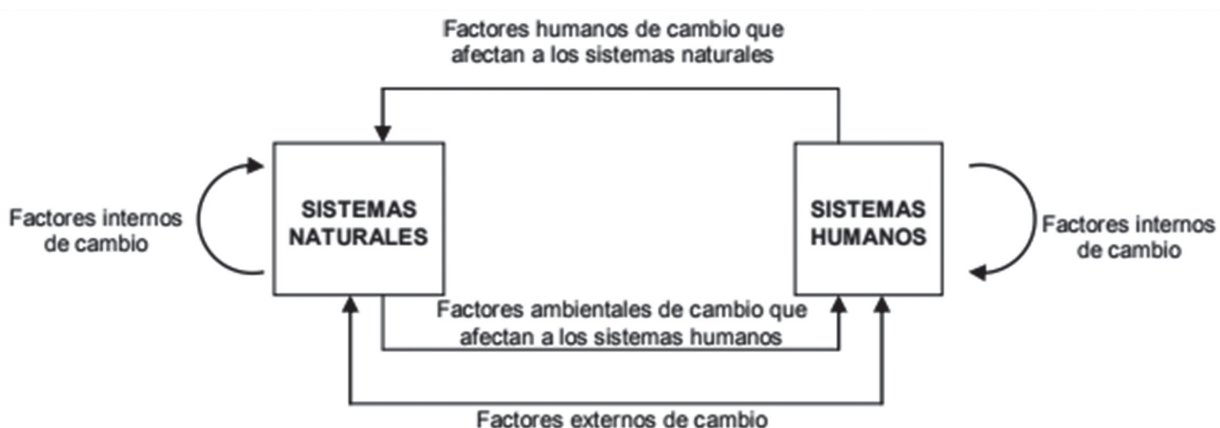
A este respecto, Martínez (2010) explica:

Los factores internos son los que se producen en el interior de los sistemas naturales físicos o de los sistemas humanos sin influencia entre ambos tipos de sistema. En este caso, existen cambios operados en el sistema natural en los que no tiene nada que ver la actividad humana... De igual manera, dentro

de los sistemas humanos también suceden cambios que son inducidos solo por motivos internos a ellos mismos. Los factores externos en cambio, son los que se producen por interacción entre ambos sistemas. Por una parte, las actividades humanas son una fuente y una causa de cambio en los sistemas naturales físicos... Y, por otra parte, los cambios operados en los sistemas naturales afectan y tienen consecuencias para los sistemas humanos. (p. 33).

En el proceso de transformación de hoja de cachaco, se identifica que el uso de la leña como combustible para la actividad de soasado, representa uno de los mayores impactos asociados, al utilizar leña que se encuentra en zona de conservación y recuperación del bosque seco tropical (Castrillón & García, 2015; Pérez, Graciano & Gómez, 2013). El bosque seco tropical en Colombia posee elevada relictualidad y alta fragmentación, con una cobertura que apenas llega al 3 % de su extensión original (Pizano & Garcia, 2014) en este sentido, requiere planes de reforestación y conservación de especies forestales que además permitan mitigar el riesgo por desertificación y

Figura 2. Interacciones entre los sistemas humanos y los sistemas naturales



Fuente: Martínez (2010), citando a Ludevid (1997)

evaporación de las fuentes de agua superficiales (Sierra, Guerrero, & Mejía, 2014).

Aguilar (2014) indica que los principales problemas en el uso de la biomasa—leña—como fuente de energía se relacionan con potenciales afectaciones al medio ambiente y a la salud de los usuarios. Por un lado está la presión y riesgos de deforestación que esta actividad ejerce sobre los bosques y las especies maderables nativas en zonas de conservación; por otro, la presencia de combustión incompleta que genera residuos como humos ricos en monóxido de carbono, metano, material particulado de carbón, los cuales son potencialmente nocivos para la salud de los operarios que los inhalan y generan entre otros problemas, afecciones respiratorias, cardíacas e, incluso, cáncer. Otros estudios que han analizado la relación de la combustión de madera para actividades económicas artesanales en países en desarrollo, con problemas de salud en la población usuaria, también sugieren la relación entre estos eventos (FAO, 2009; Lockwood *et al.*, 2009; Liu, Zhong, & Wargocki, 2017; Smith, Rogers, & Cowlin, 2005). A lo anterior se agrega el hecho de que en zonas de clima cálido como Coyaima se presentan eventos de calor extremo, cada vez más frecuentes, graves y de larga duración, debido al cambio climático global, situación que agudiza el factor de riesgo por alteraciones fisiológicas, debido al aumento de la temperatura corporal (Del Carmen & Julio, 2016; El Espectador, 2016; Mejía, 2011).

Pese a estas potenciales amenazas, el uso de la leña en el sistema de transformación de hoja de cachaco en el sur del Tolima es una práctica que se encuentra relacionada con aspectos más allá de los requerimientos técnicos propios de

la actividad productiva; a la vez tiene que ver con la presencia de creencias socioculturales arraigadas ancestralmente en los productores, como, por ejemplo, que el ahumado de las hojas tiene un efecto favorable para otorgar sabor a los alimentos que estas contienen cuando se usan como envoltura (Ramírez & Taborda, 2014).

METODOLOGÍA

A continuación, se expone la metodología que se siguió para explorar los impactos y elementos de las actividades asociadas al soasado de la hoja de cachaco. La caracterización del proceso se realizó a través de la observación directa en tres zonas de cultivo localizadas en el Resguardo de Totarco (Coyaima, al sur del Tolima), con la ayuda de un instrumento de campo —formato impreso— que facilitó el registro en tiempo real de la información obtenida para cada una de las variables objeto de estudio. Las variables objeto de medida y observación fueron dimensión de las hojas, tiempo de proceso, formas de trabajo, área de trabajo, temperatura de proceso, tipo y consumo de combustible.

Para el trabajo de campo, junto con el formato de registro de cada observación *in situ*, se utilizaron los siguientes instrumentos de medida: balanza electrónica colgante (cap. 50 kg, 3 grados de precisión), cronómetro digital (CASIO, cinco dígitos de precisión), termómetros por infrarojo de dos puntos (EXTech, precisión ± 1 % de la medida en °C), cámara termográfica (EXTech, rango de medida entre -40 a 250°C, con resolución 80x80) y una cámara filmadora (Nikon semiprofesional). La observación se realizó en un proceso de 500 y 1000 hojas, en cada uno de los cultivos seleccionados para estudio.

La exploración de los impactos de la actividad productiva de beneficio de la hoja de cachaco, se realizó desde dos dimensiones: a) Impactos ambientales, potencialmente presentes por el uso de especies maderables como combustible y las emisiones de gases efecto invernadero debido a la combustión incompleta en la quema de leña y; b) Impactos humanos, potencialmente dados por la inhalación de humos, la exposición a altas temperaturas y el desarrollo de la labor en posiciones no ergonómicas durante las jornadas de trabajo.

Para determinar el consumo de la leña durante el soasado de 1000 hojas (Kg_Leña), se tomó como referencia la diferencia entre el peso de la leña al inicio del proceso y el peso de la leña (carbones) sobrante al final del proceso (Kg_Leña_i – Kg_Leña_o). Las emisiones generadas por cada jornada de trabajo de soasado, se realizó con base en la siguiente fórmula:

$$Emisiones_Psoasao_i = \sum_{\forall i} Kg_{Leña} * F_Emisión_i$$

Donde *i* representa cada tipo de emisión generada por la combustión de la leña. Con base en lo reportado por Smith *et al.*, (2005),

al analizar los factores de emisiones generados por la combustión abierta de la madera (*F_Emision*), se toma como referencia que 1 Kg de leña quemada de manera incompleta genera entre otros subproductos: entre 80-370 g de Monóxido de Carbono (CO), entre 14-25 g de Metano (CH₄) y entre 2-20 g de carbón particulado (MP).

Para la determinación de la temperatura corporal, se analizaron tres partes del cuerpo de los operarios de soasado —cara, pecho y manos— al inicio, intermedio y final del proceso de 1000 hojas. El análisis de las posiciones de trabajo obedeció a la observación directa de la labor.

RESULTADOS

Caracterización de la actividad de soasado

El proceso de transformación de la hoja de cachaco está conformado por una serie de actividades que los productores han acogido para obtener un producto adecuado como empaque de alimentos tradicionales. El soasado es la operación más importante en el proceso, al proveer las características de las hojas como

Figura 3. Sistemas para el soasado de hoja de cachaco



Fuente: Las Autoras

Tabla 1. Condiciones observadas en los procesos de soasado

Productor	# Obs.	Hojas soasadas	Área de hoguera (m ²)	Área de trabajo (m ²)	Tiempo de soasado (horas)	Leña consumida (Kg)	No. de Operarios
P1	1	1.000	0,8	10	1,1	22,5	2
P1	2	500	0,8	10	1,0	21,5	2
P2	3	1.000	0,8	16	1,5	27,5	2
P2	4	500	1,0	16	1,2	19,0	2
P3	5	1.000	1,0	15	2,0	27,0	3
P3	6	500	0,8	15	1,8	25,0	2
Rango			0,8-1.0	10-16	1,0-2,0		2-3

Fuente: Las Autoras

empaques tradicionales (color, olor y resistencia). Como se mencionó anteriormente, esta labor se realiza en hogueras abiertas en las cuales las hojas se soasan por contacto al fuego y calor (Figura 3). Alrededor de la actividad de soasado, se organizan las demás acciones de transformación como el *despuntado* y *desvenado* de hojas y el *alistado* de paquetes para su posterior transporte a las zonas urbanas donde ocurre el armado de rollos y la comercialización final.

En la Tabla 1 se resumen las condiciones observadas en los procesos de soasado para las 8 experiencias de campo. Se identificó que los productores en sus hogueras utilizan como combustible principal la leña que obtienen de árboles maderables localizados en las zonas de cultivo. La labor de soasado la realizan de pie o

sentados, mientras que, la de desvenado y arreglo de hojas soasadas, la efectúan, normalmente, arrodillados. Para protegerse del calor de las hogueras, los operarios ubican barreras físicas como piedras o vástagos de cachaco. De igual forma recurren a los tendidos de plástico o estructuras improvisadas de guadua para aislar las hojas soasadas del piso y evitar el daño físico o la contaminación.

En las observaciones se caracterizaron las dimensiones foliares de las hojas. Los resultados permitieron categorizarlas en tres tamaños de acuerdo con el largo y ancho como se evidencia en la Tabla 2. Del mismo modo, se estableció el tiempo en que estas alcanzan la temperatura de soasado en la cual visualmente cambian de color.

Tabla 2. Tamaño de la hoja de cachaco y tiempo en el proceso de soasado

Tamaño	Largo (cm)	Ancho (cm)	Tiempo de soasado (sg)	Temperatura soasado (°C)
A	81,28 ± 15	36,60 ± 51	7,5 ± 32	108,39 ± 12
B	104,79 ± 21	50,03 ± 56	8,2 ± 25	100,86 ± 07
C	125,89 ± 19	53,05 ± 60	10,0 ± 27	104,01 ± 11

Fuente: Las Autoras

Exploración de los impactos generados por la actividad productiva

Uno de los principales impactos asociados al proceso de soasado es el consumo de leña como combustible para las hogueras. Los resultados de la observación de campo dejaron ver que el proceso de soasado consume en promedio $25 \pm 3,8$ kg de leña por un lote de 1000 hojas beneficiadas (equivalentes a 20 rollos de hojas soasadas listas para comercialización, de aproximadamente 7-8 kg de peso). Para ese fin, los productores recolectan la leña de una o varias

especies maderables que se encuentran alrededor del cultivo, entre ellas Arrayan, Igua y Buche de gallina (ver Tabla 3). A partir del consumo total de madera (kg) reportado para cada observación, en la Tabla 4 se resumen las potenciales emisiones generadas en términos de Monóxido de Carbono (CO), Gas Metano (CH_4) y Material carbón particulado (MP), y se toma como referencia los cálculos proporcionados por Smith *et al.*, (2005) por la quema de 1 kg-leña en combustión incompleta y sus emisiones presentes en el humo. Como se deriva de la Tabla 4, las emisiones en términos de CO por cada jornada de soasado no

Tabla 3. Especies maderables utilizadas como combustible en las hogueras de soasado observadas

Especie de madera	Nombre científico	Consumo de leña (Kg)					
		P1.1	P1.2	P2.3	P2.4	P3.5	P3.6
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>	8,5					
Guasimo	<i>Guazuma ulmifolia-</i>	7,0					
Iguá	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	7,0	5,0				
Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>		16,5				
Buche de gallina	<i>Coccoloba uvifera L</i>			27,5	19,0		
Chaparro	<i>Curatella americana L</i>					27,0	25,0
Total (Kg)		22,5	21,5	27,5	19,0	27,0	25,0

Fuente: Las Autoras

Tabla 4. Emisión estimada de CO, CH_4 y MP en la combustión incompleta de labor de soasado

Productor	# Obs.	# hojas soasadas	Consumo de madera (Kg)	Emisiones estimadas (g)		
				CO	CH_4	MP
P1	1	1.000	22,5	1,80 - 8,32	0,31 - 0,56	0,04 - 0,45
P1	2	500	21,5	1,72 - 7,95	0,30 - 0,54	0,04 - 0,43
P2	3	1.000	27,5	2,20 - 10,17	0,38 - 0,69	0,05 - 0,55
P2	4	500	19,0	1,52 - 7,03	0,27 - 0,47	0,04 - 0,38
P3	5	1.000	27,0	2,16 - 9,99	0,38 - 0,67	0,05 - 0,54
P3	6	500	25,0	2,00 - 9,25	0,35 - 0,62	0,05 - 0,50
Rango		1.000	22,5 - 27,0	1,80 - 10,17	0,31 - 0,69	0,04 - 0,55
		500	19,0 - 25,0	1,52 - 9,25	0,27 - 0,62	0,04 - 0,50

Fuente: Las Autoras

Tabla 5. Condiciones de trabajo en el proceso de soasado de un lote de 1000 hojas

Lote	Condiciones de aislamiento de la zona de soasado	Elementos de protección personal	Condiciones de trabajo		
			Soasado	Desvenado	Empacado
1	El vástago de la planta	No usa	De pie	Arrodillado	Arrodillado
2	Piedras y el vástago de la planta	Camisa manga larga y sombrero	Sentado	De pie	De pie
3	Piedras y el vástago de la planta	Camisa manga larga y sombrero	De pie	Arrodillado	Arrodillado

Fuente: Las Autoras

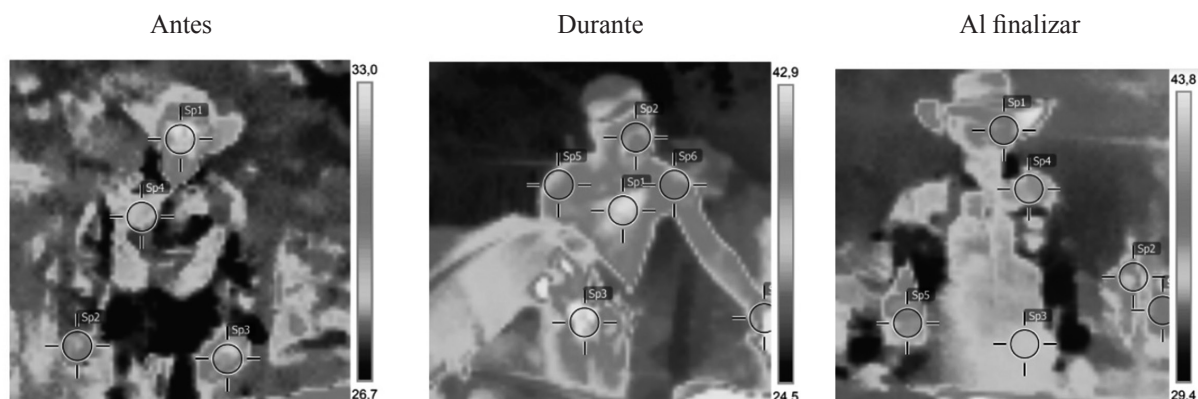
son despreciables. En un rango de 10 - 12 rollos soasados por el número de hojas observadas, el consumo de madera para las hogueras instaladas en el proceso de transformación se calcula en un rango de 19 - 25 kg. Siguiendo la metodología de Smith (2005) se estima que en cada hoguera se libera entre 1,52 - 9,25 g de CO, 0,27 - 0,62 g de CH₄ y 0,04 - 0,50 g de MP, de acuerdo al tipo de leña, humedad de la madera y condiciones del ambiente.

Este ejercicio de estimación, escalado a toda la producción de la región, hace aún más preocupante la situación. De conformidad con lo

reportado por Acevedo (2015), si semanalmente se comercializan, en la zona, en promedio 150 toneladas de hoja transformada, que son equivalentes a aproximadamente 18.750 rollos (peso promedio de 8 kg/rollo) y al desarrollo de 1.800 jornadas de soasado (tasa promedio de 10-12 rollos/jornada de soasado de un productor), se puede consumir a la semana entre 40 y 48 Ton de leña, que podrían liberar cerca de 3,2 – 18,0 Ton de CO; 0,6 – 1,2 Ton de CH₄ y 0,08 – 1,0 Ton de MP en la zona productora de hoja de cachaco en el sur del Tolima.

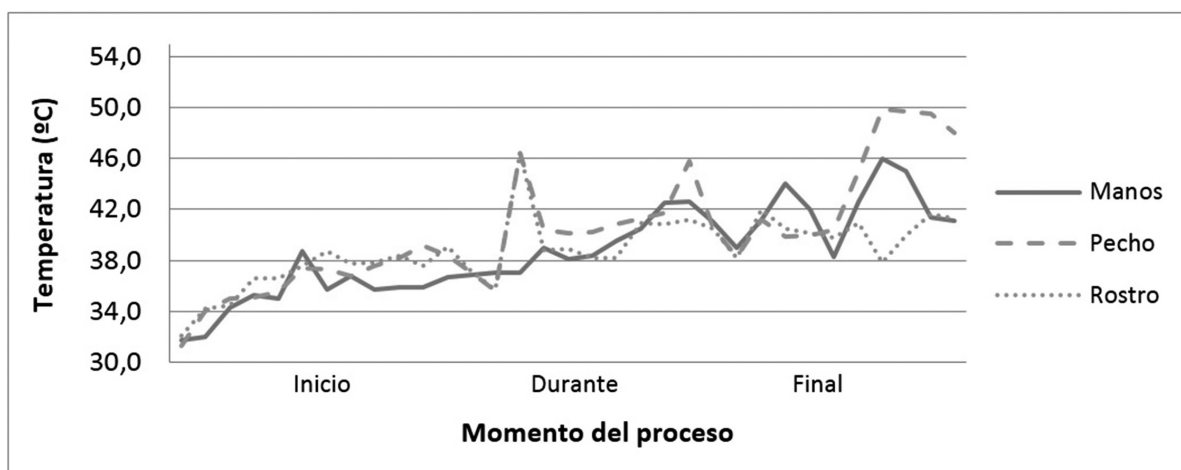
De otro lado, están los impactos que esta

Figura 4. Imágenes termográficas tomadas en tres momentos del proceso de soasado



Fuente: Las Autoras

Figura 5. Temperatura corporal (°C) del operario durante el proceso de soasado



Fuente: Las Autoras

actividad puede generar en la salud de los productores. De acuerdo con las condiciones de operación observadas en el lugar del cultivo (ver Tabla 5), su salud puede estar en riesgo no solo por la inhalación de humos que contienen sustancias nocivas, sino además, por la exposición prolongada a altas temperaturas y la permanencia por largas jornadas en posiciones de trabajo no ergonómicas.

Si bien se identificó que dos de los tres productores valorados buscaban disminuir estos impactos mediante el uso de barreras físicas cerca de la hoguera para aislar el calor o el uso de elementos de protección personal, como camisas manga larga y sombreros, las mediciones hechas en campo evidencian incrementos entre 5 - 15 °C en la temperatura en la cara, las manos y el dorso del productor encargado del soasado de las hojas, a medida que avanza la jornada de trabajo (ver Figuras 2 y 3). Esta situación puede representar para los productores un riesgo potencial de sufrir a mediano plazo enfermedades como reumatismo, artrosis y artritis, inclusive, la muerte por golpe de calor (Almirall *et al.*, 2006; Serje, 2017).

En lo que respecta a las posiciones de trabajo, la entrevista directa con los productores de mayor edad reveló preocupaciones por parte suya, ante el sufrimiento recurrente de dolores en las articulaciones de las rodillas y la espalda.

CONCLUSIONES

La producción de hoja de cachaco está consolidada como una actividad de gran importancia económica en la agricultura familiar indígena que se localiza en la región de Coyaima en el sur del Tolima. Sin embargo, factores internos y externos propios de esta labor artesanal generan impactos que afectan tanto el ecosistema presente en la zona productora, como la salud de las comunidades que realizan esta labor semanalmente.

Sin lugar a dudas, el considerable gasto de las especies maderables nativas del bosque seco tropical es uno de los mayores riesgos asociados a esta actividad económica, involucrando un gasto semanal entre 40 y 48 Ton de leña de diferentes especies que se encuentran protegidas y que además

se consideran necesarias para la recuperación del bosque, y para mitigar el calentamiento y la escasez de agua en este territorio.

Así mismo, las emisiones de agentes contaminantes y de calor para los ecosistemas donde tiene lugar el cultivo, es otro de los impactos encontrados en el proceso. La combustión incompleta que se realiza en las improvisadas hogueras genera importantes emisiones de CO, CH₄, y MP que se consideran un riesgo para la salud de los productores, al inhalar estos agentes contaminantes. Del mismo, se identificó que un operario puede aumentar su temperatura corporal en partes que componen el tren superior en un rango de 5 - 15°C durante el proceso de soasado. Esto se considera un riesgo latente para la salud de la persona que realiza la labor de soasado, en la medida que incluso puede generarle la muerte por golpe de calor. Sumado a la exposición al calor, está el hecho de que la operación se realiza en posiciones no ergonómicas, hecho que puede desencadenar problemas con las articulaciones del tren inferior del cuerpo. Todo lo anterior evidencia el potencial impacto adverso que tiene esta actividad en la salud de los productores de hoja de cachaco, el mismo que con el tiempo, termina disminuyendo su capacidad productiva y su calidad y expectativa de vida.

Ante esta realidad, y al considerar las limitadas alternativas de desarrollo económico con las que cuentan las comunidades indígenas que habitan el sur del Tolima, se precisa desarrollar soluciones ecoeficientes y de base tecnológica simple, que puedan ser transferidas a estas comunidades para mejorar su productividad y reducir los impactos potenciales adversos. Diferentes alternativas se pueden considerar para favorecer el cambio

como, por ejemplo, la instalación de huertos leñeros de fin específico y el uso de estufas eficientes que faciliten la combustión completa, reduzcan la demanda de leña como combustible, eviten la emanación de calor directo a los productores y les faciliten trabajar en posiciones más ergonómicas y descansadas.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a la Gobernación del Tolima y al Departamento Nacional de Planeación como entes financiadores del Convenio 1032-2013 a través del Sistema General de Regalías; de igual forma, a las asociaciones de productores de Totarco Dinde en Coyaima y al equipo técnico vinculado a las entidades operadoras del Proyecto: Universidad de Ibagué, Universidad del Tolima y Sena Regional Tolima.

REFERENCIAS

- Acevedo, A. (2015). *Revaloración de las funciones múltiples de las agriculturas del campesinado como estrategia de resistencia y adaptación en la cuenca del río Guaguarco, sur del Tolima -Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49479/>
- Aguilar, H. (2014). Usos de los bosques como leña y sus efectos en el ecosistema: El caso de la Sierra Central de Piura. *Espacio y Desarrollo*, 5, 73-115. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7903/8182>
- Almirall, P., Dieste, W., Del Castillo, N., Hernández, J., Gonzáles, A., & Parada, C. (2006). Calor y efectos negativos del trabajo. Un enfoque ergonómico heat and negative effects of work. An ergonomic approach. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 7(2), 40-49. Recuperado de http://www.bvs.sld.cu/revistas/rst/vol7_1-2_06/rst07106.pdf
- Belalcázar, S., Valencia, J., & Lozada, J. (1992). *El fruto y la planta*. *Enciclopedia Descubrir*.
- Bermeo, H., Bohórquez, Y., Valenzuela, C., Riaño, A., & Moreno, M. (2016). Explorando rutas para apoyar

- el desarrollo y la innovación agroindustrial y social en el sector hortofrutícola del suroriente del Tolima en Colombia: un caso en estudio. *5to Congreso Internacional de gestión tecnológica e innovación*. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de https://issuu.com/simonkyweb/docs/cogestec_ponencias_secci_n_aa
- Castrillón, F., & García, R. (2015). Escuela Agroecológica y Territorial Manuel Quintín Lame Investigación popular y transformación. En *Investigación popular y transformación en la región del sur del Tolima* (pp. 65-69). Natagaima. Recuperado de <http://www.semillas.org.co/es/escuelas-de-formacion/escuela-agroecol-2>
- Del Carmen, A., & Julio, G. (2016). Evaluación de las condiciones térmicas ambientales del área de producción en una panadería en Cereté (Córdoba)**. *12(1)*. <http://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23103>
- El Espectador. (2016, septiembre 9). En alerta 15 municipios del Tolima por riesgo de desabastecimiento de agua | ELESPECTADOR.COM. *Noticias Nacionales*. Recuperado a partir de <http://www.elespectador.com>
- FAO. (2007). *El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/009/a0789s/a0789s09.htm>
- Liu, W., Zhong, W., & Pawel, W. (2017). Performance, acute health symptoms and physiological responses during exposure to high air temperature and carbon dioxide concentration. *Building and Environment*, *114*, 96-105. <http://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2016.12.020>
- Lockwood, A. H., Welker-Hood, K., Rauch, M., Gottlieb, B., Epstein, P., Hu, H., Landrigan, P., McCally M., Parker, C., Patz, J., & Shea, K. (2009). *El Impacto del Carbón sobre la Salud Humana Un informe de Médicos para la Responsabilidad Social (Physicians for Social Responsibility)*. Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/chile/Global/chile/Documentos/Clima%20y%20Energia/2010/impactos-del-carb-n-sobre-la-s.pdf>
- Martínez, R. J. (2010). *Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4232/1/696893.2011.pdf>
- Mejía, B. (2011). *Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4125/1/905057.2011.pdf>
- Pérez, J. F., Graciano, D. S., & Gómez, J. A. (2013). *Revista científica de ingeniería mecánica. Ingeniería Mecánica* (Vol. 16). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442013000300007
- Pizano, C., & García, H. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)* (Vol. 53). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ramírez, J. F., & Taborda, A. L. (2014). Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción + Limpia*, *9(1)*, 99-114. <http://doi.org/10.22507/pml.v9n1a8>
- Serje, M. (2017). Social relations: A critical reflection on the notion of social impacts as change. *Environmental Impact Assessment Review*, *65*, 139-146. <http://doi.org/10.1016/J.EIAR.2017.04.006>
- Sierra, F.-E., Guerrero, C.-A., & Mejía, F. (2014). *Revista científica de ingeniería mecánica. Ingeniería Mecánica*, *17(2)*, 185-194. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442014000200010
- Smith, K. R., Rogers, J., & Cowlin, S. C. (2005). *Household Fuels and Ill-Health in Developing Countries: by What improvements can be brought by LP Gas ?* Paris: Word LPGas Association. <http://ehsdiv.sph.berkeley.edu>
- Sogamoso, C. (2016). Entrevista a Gobernador del Cabildo Indígena Totarco-Dinde del municipio de Coyaima-Tolima.
- Tirivayi, N., Knowles, M., & Benjamin, D. (2016). The interaction between social protection and agriculture: A review of evidence. *Global Food Security*, *10*, 52-62. <http://doi.org/10.1016/J.GFS.2016.08.004>
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona: Icaria.
- Cómo referenciar este artículo**
- Moreno Henao, J., & Bermeo, H. P. (2017). Exploración de los potenciales impactos que genera el proceso artesanal de beneficio de la hoja de cachaco como empaque tradicional en el sur del Tolima. *Revista Via Innova*, *4(4)*, 78-88. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.118>

Caracterización y potencial uso de la raíz achira (Canna Edulis Ker)

Characterization and potential use of the achira root (Canna Edulis Ker)

YANNETH BOHÓRQUEZ PÉREZ,¹
MAYRA ALEJANDRA BONILLA GARZÓN²
IVETTE CATHERINE PÉREZ LEAL³
SHIRLEDY TATIANA QUINTERO VÁSQUEZ⁴
JESSICA VARGAS VARGAS⁵

RESUMEN

La raíz de achira (*Canna Edulis Ker*) ha sido poco utilizada en la industria alimentaria, puesto que su mayor uso se ha dado en productos de panadería, básicamente para la elaboración del biscocho de achira típico del Huila y el Tolima. De acuerdo con lo anterior, la finalidad de este artículo es dar a conocer las características fisicoquímicas y mecánicas de la raíz de achira, y establecer diferencias con respecto a la acumulación de almidón en los diferentes estados de desarrollo, considerados como tratamientos. Inicialmente, se realizó una caracterización en la cual se determinó su peso, forma, tamaño, volumen teórico y real, redondez, esfericidad, área superficial, y grueso de cáscara. Se le realizaron pruebas de acidez, pH, determinación de color y temperatura de gelatinización. Finalmente, se comprobó que el potencial de uso de esta materia prima es muy amplio para diferentes campos de la industria alimentaria como estabilizante, gelificante, espesante y pastas, además de la posible participación en la industria de edulcorantes como jarabes de glucosa, dextrosa y fructosa, en la industria textil, farmacéutica y cosmética, papelería, de adhesivos, colorantes, artes gráficas y como agente controlador filtrado en lodos de perforación base de agua.

Palabras clave: Achira, industria, almidón, caracterización, raíz, desarrollo, gelatinización.

Recibido: 10/07/17 Aceptado: 25/10/17.

ABSTRACT

The root of achira (*Canna Edulis Ker*) has been vaguely used in the food industry, since its greatest use has been in bakery products, basically for the preparation of

¹ Docente de la Universidad del Tolima. ybohorq@ut.edu.co

² Estudiante de la Universidad del Tolima-Facultad de Ingeniería Agronómica- Programa de Ingeniería Agroindustrial-Asignatura Ingeniería de la Posproducción. mabonillaga@ut.edu.co

³ Estudiante de la Universidad del Tolima-Facultad de Ingeniería Agronómica- Programa de Ingeniería Agroindustrial-Asignatura Ingeniería de la Posproducción. ivetteperez96@gmail.com

⁴ Estudiante de la Universidad del Tolima-Facultad de Ingeniería Agronómica- Programa de Ingeniería Agroindustrial-Asignatura Ingeniería de la Posproducción. tatianaquinterovasquez@hotmail.com

⁵ Estudiante de la Universidad del Tolima-Facultad de Ingeniería Agronómica- Programa de Ingeniería Agroindustrial-Asignatura Ingeniería de la Posproducción. jesi1020@outlook.es

the typical achira biscuit of Huila and Tolima. According to this, the purpose of this article is to divulgue the physicochemical and mechanical characteristics of achira root, and to establish differences with the accumulation of starch in the different stages of development, considered as treatments. Initially, a characterization was carried out in which its weight, shape, size, theoretical and real volume, roundness, sphericity, surface area and thickness of shell were determined. Acidity, pH, color determination and gelatinisation temperature tests were performed as well. Finally, it was found that the potential use of this raw material is very broad for different fields of the food industry as stabilizer, gelling agent, thickener and pastes, in addition to the possible participation in the industry of sweeteners such as glucose syrups, dextrose and fructose, in the textile industry, pharmaceutical and cosmetics, paper industry, adhesives, dyes, graphic arts and as a controller agent filtered in water-based drilling mud.

Keywords: Achira, industry, starch, characterization, root, development, gelatinisation.

INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de aumentar la producción de los recursos alimenticios en países latinoamericanos, es de gran importancia que se preste mayor atención al cultivo, consumo e industrialización de raíces y tubérculos tropicales. El sector agroindustrial posee una tarea muy importante ante esta necesidad, pues su objetivo principal es el de transformar las materias primas extraídas directamente del cultivo, en un producto terminado de fácil acceso y consumo, para lograr satisfacer las necesidades de las personas y mejorar su rentabilidad económica.

Actualmente se extrae almidón del rizoma mediante procesos de agroindustria rural. Este almidón es utilizado para la elaboración de bizcochos y otros productos artesanales como bizcochuelos, pan de sagú, colaciones y coladas. Estos productos son un símbolo regional, posicionados en el mercado local y nacional, que cuentan con inicios de exportación hacia Norteamérica, Centroamérica y otros países andinos,

con potencial crecimiento de la demanda (Rodríguez & García, 2003).

En Colombia, este almidón es la base de una cadena agroindustrial, constituida por un conjunto de personas que participan directamente en la producción, transformación y traslado de los productos finales (almidón, cuajada y bizcocho) hasta el mercado (Caicedo, Roza, & Rengifo, 2003).

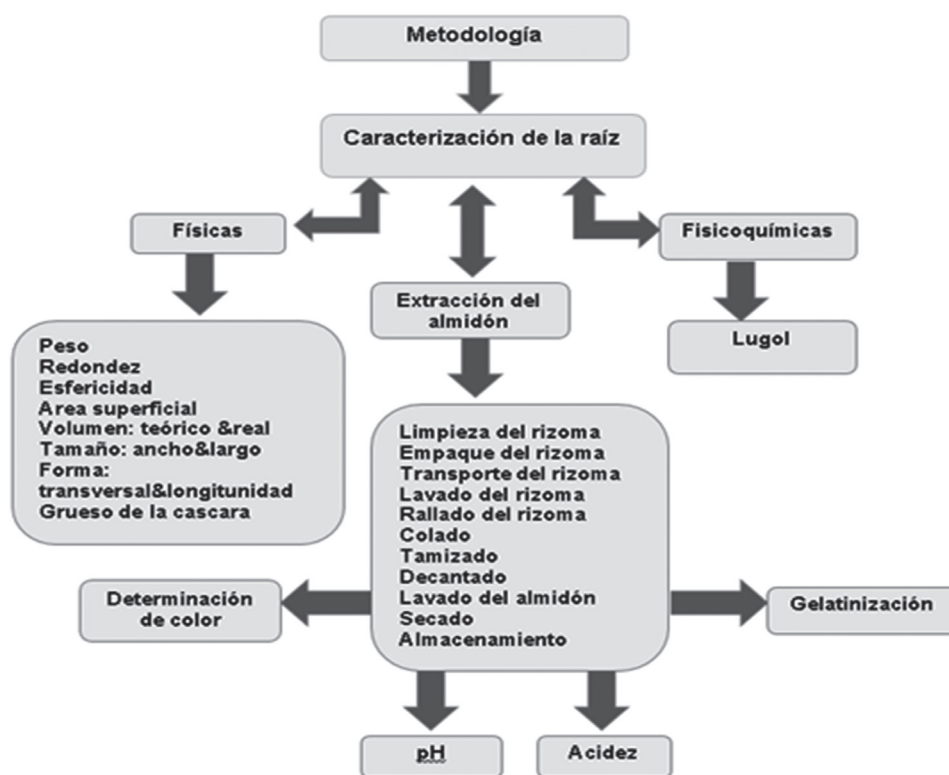
La achira es un alimento de gran importancia socioeconómica y cultural. En el departamento del Huila y Tolima es un producto agrícola que es adecuado para la agroindustrialización y el desarrollo de nuevos productos, por ser un cultivo de fácil adaptación a las condiciones climatológicas de muchas regiones. Es una planta perenne monocotiledónea muy rústica de 1,5 a 3,0 m de altura; se cultiva en los valles abrigados y algo templados. Esta planta se cultiva principalmente por sus rizomas (parte de la raíz), que son de importancia para la alimentación humana y la agroindustria.

La conservación de la misma en estado fresco, debe ser en condiciones de almacenamiento y oscuridad para evitar la brotación de los mismos. Uno de los mayores componentes de las raíces y tubérculos es el almidón, el cual constituye la mayor fuente energética de las plantas (Martín & Smith, 1995); sus gránulos tienen diferentes tamaños (diámetros entre 10 a 100 μm) y formas (redonda, elíptica, ovalada, lenticular o poligonal) (Denardin & Silva, 2009) y de acuerdo con la fuente biológica de la que provengan son parcialmente semicristalinos e insolubles en agua a temperatura ambiente (Bello, De León, Agama, & Paredes, 1998); su contenido de amilosa y amilopectina, temperatura de gelatinización, consistencia

del gel y textura, comportamiento viscoso y propiedades térmicas, permiten su utilización en la industria alimenticia como estabilizante, agente de relleno, adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente de antienviejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante y espesante (Singh, Kaur, Sodhi, & Sekhon, 2005).

La superficie de los diferentes gránulos del almidón, varía según el origen botánico y constituyen un interrogante en investigaciones (Lindeboom, Chang, & Tyler, 2004); una de las técnicas ópticas empleadas con mayor frecuencia para caracterizarlos, es el microscopio óptico de alta resolución (M.O.A.R), que proporciona

Figura 1. Metodología para la caracterización de la raíz y el almidón de achira



Fuente: Las Autoras, con base en el proceso realizado en laboratorio de Poscosecha de la Universidad del Tolima

una imagen virtual ampliada de un objeto pequeño; esta técnica puede combinarse con dispositivos de control de imágenes tales como contraste diferencial de interferencia (DIC), el cual permite observar especímenes sin necesidad de tinción (Fiedorowicz, Li, & Tomasik, 2002).

El presente trabajo tiene como propósito realizar un estudio fisicoquímico y mecánico de la raíz de achira (*Canna Edulis* Ker) cultivada en el municipio de Algeciras (Huila), Vereda San José alto, finca La Ilusión, ubicada a 1600 msnm en las edades de período vegetativo 10, 11 y 12 meses, para así evaluar el porcentaje de almidón en los tubérculos de achira y su potencial agroindustrial (Metodología de trabajo en Gráfico 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: La investigación se desarrolló en el laboratorio de poscosecha de la Universidad del Tolima, en la ciudad de Ibagué, ubicada a 1285 msnm con una temperatura promedio de 22°C y una humedad relativa 59 %.

Caracterización de la raíz (*canna edulis* ker)

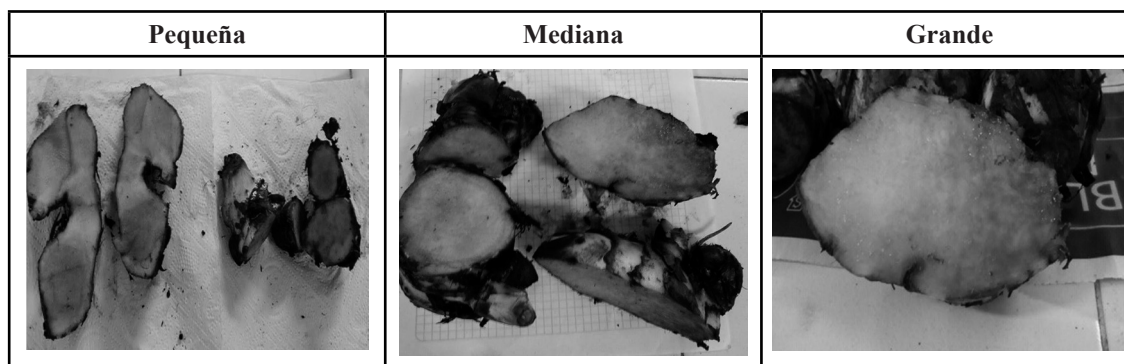
En primer lugar se procedió a establecer los

tratamientos por tamaño de la raíz (pequeña, mediana y grande), que fueron de (161,22 g - 185,27 g); (218,13g - 257,71 g) y (319,29 g - 373,42 g), como muestra el gráfico 2, esto se llevó a cabo con ayuda de su masa, se determinó su volumen teórico y real, cortes transversal y longitudinal, redondez, esfericidad y, finalmente, se realizó el proceso de pelado donde se efectuó el análisis de grueso de cáscara, área superficial y el proceso de extracción del almidón.

La caracterización física de las raíces de achira según tratamientos, se muestra en la Tabla 1. Como se puede observar, existen diferencias marcadas respecto al volumen real entre los tratamientos pequeños y grandes, aun siendo de la misma cosecha, como también se observa que a medida que se desarrolla la raíz, y el diámetro está en 7 cm, este se detiene en su crecimiento mientras que, entre su longitud, si existe diferencia para cada uno de los tratamientos, pues este, entre más grande, más largo.

El peso de las achiras manipuladas para tamaño pequeño fue en un rango de 161,22 g y 185,27 g, para tamaño mediano fue en un rango de 218,13 g y 257,71 g y para tamaño grande fue de 319,29 g y 373,42 g. También se observa

Figura 2. Muestra cortes de raíces de achiras en diferentes tamaños



Fuente: Las Autoras

Tabla 1. Características físicas y morfológicas de la achira (*Canna Edulis Ker*)

Variable	Pequeña		Mediana		Grande	
	A	B	A	B	A	B
Peso (g)	161,22	185,27	218,13	257,71	319,29	373,42
Volumen Real (cm ³)	75	160	135	250	250	300
Volumen Teórico (cm ³)	75,26	71,9	150,109	115,73	155,12	179,97
Redondez	Redondead o	Redondead o	Redondead o	Redondead o	Redondead o	Redondeado
Esfericidad	Prismático	Prismático	Prismático	Prismático	Prismático	Prismático
Diametro (cm)	7,6	5,3	6,8	6,9	7	6,7
Área superficial (cm)	180	133	174	222	186	220
Tamaño largo (cm)	9,9	11	12,4	11,5	13,2	12,9
Forma longitudinal	Larga	Larga	Larga	Larga	Larga	Larga
Forma transversal	Redonda	Redonda	Redonda	Redonda	Redonda	Redonda
Grueso cáscara (cm)	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5

Fuente: Las Autoras

que a medida que se desarrolla la raíz su exocarpo engrosa. Con respecto al largo entre los diferentes tamaños se establece que el largo aumenta a medida que se desarrolla la raíz pasando de 9,9cm a 13,2 cm. Los tamaños de ancho y largo es donde se constituye parte de la cantidad de almidón que pueden contener, encontrándose en el rango promedio indicado. Por ser cultivada de forma nativa aumentarían las variables (Guerrero, 2003).

Caracterización del almidón de achira

Para la obtención de almidón, previamente se prepararon las muestras teniendo en cuenta el lavado previo, rayado y un proceso de decantación. (NTC 3228, Industrias Alimentarias. Almidón de achira). Finalmente, se le practicaron pruebas de acidez y pH, y físicas de temperatura de gelatinización y colorimetría. La Tabla 2 muestra los almidones

por cada tratamiento y sus muestras.

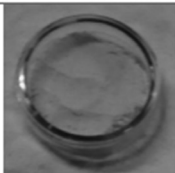
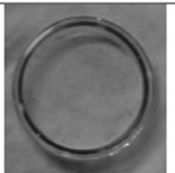
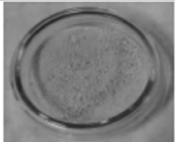
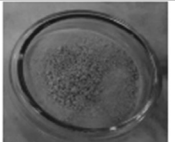
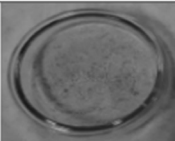
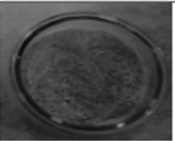
A simple vista se puede observar una pequeña oxidación u oscurecimiento del tratamiento del almidón en el tratamiento de raíces pequeñas de achiras, quizás por la inmadurez en la formación y desarrollo de gránulos de almidón.

Gelatinización de los almidones

Para cada una de las sub muestras de los tratamientos se evaluó la temperatura y tiempo de gelatinización, encontrándose los resultados que se muestran en la Tabla 3.

La gelatinización del almidón depende en gran parte de la cantidad de agua disponible y para producir una buena gelatinización con almidones que contienen baja cantidad de agua, se requiere altos niveles de entalpia, más altos que los almidones con humedades altas. Luego,

Tabla 2. Almidón de Achira deshidratado

MUESTRA	A	B
GRANDE		
MEDIANA		
PEQUEÑA		

Fuente: Las Autoras

Tabla 3. Temperatura de gelatinización de los almidones

Muestra/ Prueba	Grande	Mediana	Pequeña
física			
Temperatura de Gelatinización	87 °C	84°C	89°C
Tiempo	10'24"	17'06"	8'39"

Fuente: Las Autoras

el proceso de gelatinización dentro del gránulo de almidón, en donde las moléculas se organizan nuevamente, durante el proceso de enfriamiento que forman estructuras similares a las del gel. Se tomó como referencia la gelatinización en yuca, la cual varía entre 57,5°C y 70°C (Granados, Guzmán, Acevedo, Díaz, & Herrera, 2012). Con ello se demuestra que el almidón de achira se gelatiniza a temperaturas más altas que el almidón de yuca, dejando ver su capacidad para preparados alimenticios con altas temperaturas. Así como la gran variación en el tiempo de gelatinización entre los tratamientos, que permite observar mayor tiempo en el tratamiento de mediano tamaño.

Colorimetría

Con el fin de conocer el espacio tridimensional de color entre las muestras de almidón, se sometieron a pruebas de captación de luz y color, donde L^* indica la luminosidad (+) y

(-) negro, a^* (coordenadas rojo (+) y verde (-)) y b^* (coordenadas amarillo (+) y azul (-)) son las coordenadas cromáticas, siendo así se pudo determinar que en las muestras tomadas se alcanza un alto nivel de luminosidad, se encuentra casi neutral entre las coordenadas de rojo y verde, es decir, que no presentan tendencia a ninguno de estos dos colores. Sin embargo, entre las coordenadas de amarillo y azul se observa una tendencia al color amarillo tabla 4.

En las columnas siguientes se observan las diferencias de color, estas son definidas como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Donde ΔL^* es la diferencia en luz y oscuridad (+ más luminoso, - más oscuro), Δa^* es la diferencia en rojo y verde, Δb^* diferencia en amarillo y azul y ΔE^* diferencia total de color. Por lo cual se puede precisar que las muestras de almidón tienden a ser luminosas, entre la diferencia de rojo y verde; a

Tabla 4. Resultados de colorimetría del almidón de achira

<i>Variables / Muestra</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>ΔL*</i>	<i>Δa*</i>	<i>Δb*</i>	<i>ΔE*</i>
<i>A Grande</i>	67.27	0.47	7.55	+1.24	-0.87	+3.28	3.61
<i>B Grande</i>	65.85	0.62	8.00	-0.18	-0.72	+3.73	3.80
<i>A Mediana</i>	67.91	0.54	8.64	+1.87	-0.81	+4.37	4.82
<i>B Mediana</i>	67.56	0.62	8.54	+1.52	-0.73	+4.26	4.59
<i>A Pequeña</i>	70.34	0.38	8.00	+4.30	-0.96	+3.73	5.77
<i>B Pequeña</i>	68.91	0.36	7.91	+2.87	-0.98	+3.64	4.74

Fuente: Las autoras, con base en el proceso realizado en el equipo CR-400/410 Chroma Meter del laboratorio de Poscosecha de la Universidad del Tolima

ser neutral aunque ligeramente verde, y entre la diferencia de amarillo y azul; a ser amarillas y, finalmente, la diferencia de color es positiva, es decir, son aceptables para la comercialización y fabricación de alimentos a partir de estos almidones.

Características Químicas

El almidón de achira tiene mejores propiedades físico químicas, resiste los procesos estresantes (falta de hidratación) propios de los métodos industriales que los provenientes de fuentes cereales como el maíz y trigo. Por no utilizarse insecticidas para el manejo de plagas en el cultivo, se considera un producto orgánico. El ciclo de vida de este producto es de aproximadamente un año (Rodríguez, García, Camacho & Rivera, 2003), en buenas condiciones de almacenamiento. Es considerado como uno de los almidones que presenta el mayor contenido de amilosa (Singh, Kaur, Sodhi, & Sekhon, 2005), que es una proteína importante que determina la calidad de

los productos terminados, como el tradicional bizcocho de achira, producto autóctono de Colombia.

Tabla 5: Factores químicos determinados en el almidón de achira (Canna Edulis Ker)

<i>Muestra / Fact químicos</i>	<i>Grande</i>	<i>Mediana</i>	<i>Pequeña</i>
Acidez	$2,7 \times 10^{-4}$	$2,7 \times 10^{-4}$	$6,3 \times 10^{-4}$
pH	6	6	6
Color	Queso	Queso	Queso

Fuente: Las Autoras

Se realizó una prueba de acidez en la que las muestras de mayor y mediano tamaño fueron de $2,7 \times 10^{-4}$ y en menor tamaño fue de $6,3 \times 10^{-4}$ meq de ácido láctico/g de almidón. El valor del pH en los almidones dulces debe estar entre 5,5 y 6,2, un pH inferior puede depender de la presencia de hongos o deterioro progresivo del rizoma (Álvis, 2008), o algún grado de fermentación. Para el almidón de achira se obtiene un pH de

6. Y al comparar con el almidón de yuca que presenta un color blanquecino, se determinó a simple vista que el almidón achira presenta el color del queso.

CONCLUSIONES

En relación con el desarrollo y crecimiento de la raíz de achira, respecto a las variables diámetro y largo, se puede determinar que entre los tratamientos pequeña y grande el diámetro es igual, para todos, mientras que en las medianas y grandes el largo es mayor, lo cual indica que el largo aumenta a medida que se desarrolla la raíz, así como se observa que su exocarpo, también engrosa.

El almidón de achira, limpio y puro, obtenido de un proceso de extracción y comercialización sin adición de materias similares o mejoradores, presenta como características físicas el color blanco grisáceo, olor y sabor neutro, textura polvosa. Mientras que el almidón analizado en este proyecto, presenta un color queso con bastante luminosidad.

Los almidones presentaron alta capacidad de retención de agua y la temperatura de gelatinización es relativamente alta, comparado con el almidón de yuca. Por su parte, el almidón de achira posee un alto porcentaje de amilopectina, razón por la cual, es un gel que no retrograda y forma una pasta estable. Condición óptima para la estabilización de la harina. En general, las propiedades fisicoquímicas y funcionales obtenidas anteriormente indican que el almidón de achira es un producto que además del gran uso que se le proporciona en cuanto al aspecto socioeconómico y cultural, posee un alto potencial como materia prima para

estabilizantes, gelificantes, espesantes y pastas, en la industria alimentaria textil, farmacéutica, cosmética, de papel y artes gráficas.

REFERENCIAS

- Álviz. (2008). *Almidón agro de yuca en Colombia: Tomo 1. Producción y recomendaciones*. Recuperado de <http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/almidonagro1.pdf>
- Bello, L., De León, Y., Agama, E., & Paredes, O. (1998). Isolation and Partial Characterization of Amaranth and Banana Starches, *Starch-Stärke*, 50(10), 409-413. doi: 10.1002/(SICI)1521-379X(199810)50:10<409:AID-STAR409>3.0.CO;2-W
- Caicedo, G., Roza, L., & Rengifo, G. (2003). *La achira, alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4071/1/Laachiratecnicasdec>
- Denardin, C. C., & Silva, L. P. (2009). *Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas*. Obtenido de *Ciência Rural*, 39(3): <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>
- FAO. (2011). *Norma Regional Para La Harina De Sagú Comestible (Asia1)*. Recuperado de Codex Stan: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252F)
- Fiedorowicz, M., Li, C., & Tomasik, P. (2002). Physicochemical properties of potato starch illuminated with visible polarized light. *Carbohydrate Polymers*, 50(1), 57-62. doi: 10.1016/S0144-8617(02)00012-7
- Granados, C., Guzmán, L., Acevedo, D., Díaz, M., & Herrera, A. (2012). Propiedades funcionales del almidón de sagú. *Revista Bio.Agro [online]*, 12(2), 90-96.
- Guerrero, R. (2003). *Fertilización de cultivos en clima cálido volumen (1)*. Recuperado de <http://www.monomeros.com/descargas/dpmanualcalido.pdf>
- Lindeboom, N., Chang, P., & Tyler, R. (2004). Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. *Starch/Stärke*, 56(3-4), 89-99.
- Martín, C., & Smith, A. (1995). *Starch biosynthesis. The plant cell*, 7(7). Recuperado de <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.48.1.67>

- Rodríguez, G., García, H., Camacho, J. & Arias, F. (2003). *Almidón de achira o sagú (Canna edulis, Ker). Manual técnico para su elaboración*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3744/1/Almidon%20de%20achira%20o%20sagu.pdf>
- Rodríguez, G., García, H., Camacho, J., & Rivera, J. (2003). *Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harina y almidón a partir de raíces y tubérculos promisorios, con énfasis en los casos de Achira (Canna edulis), Arracacha (Arracacia Xanthorizza) y Ñame (Discorea sp)*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3743/2/Agroindustria%20para%20la%20elaboracion%20de%20harina%20de%20achira.pdf>
- Singh, N., Kaur, L., Sodhi, N., & Sekhon, K. (2005). Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*, 89(2), 253–259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.032>

Cómo referenciar este artículo

- Bohórquez Pérez, Y., Bonilla Garzón, M. A., Pérez Leal, I. C., Quintero Vásquez, S. T., & Vargas Vargas, J. (2017). Caracterización y potencial uso de la raíz achira (Canna Edulis Ker). *Revista Vía Innova*, 4(4), 89-97. doi: <https://doi.org/10.23850/2422068X.1184>

Instrucciones para publicar

Revista Vía Innova SENA, Regional Tolima

La Revista Vía Innova del grupo de investigación Gestión Empresarial, Servicios e Innovación Comercial GESICOM, pertenece al Centro de Comercio y Servicios del SENA Regional Tolima y tiene como finalidad la divulgación de avances y logros de los proyectos de investigación, de los diferentes campos científicos, mediante la publicación de artículos originales en español. Vía Innova va dirigida en especial a la comunidad que avanza en las áreas de la gestión logística, empresarial y de mercados; gestión informática, virtualización e innovación tecnológica; gestión administrativa, contable y asistencia financiera; gestión turística, gastronómica y hotelera; servicios en salud y desarrollo deportivo e investigación para la formación profesional integral.

Los documentos que sean postulados para el proceso de evaluación, en aras a ser publicados, deben ajustarse a los requisitos, parámetros y normatividad establecidos para tal fin. La divulgación de la revista se efectúa en medio digital e impreso y posee el ISSN 2422 - 068X y e-ISSN 2590-7956. La revista es pública y de acceso abierto, por ende, el envío de los artículos para evaluación y publicación no tiene ningún costo.

1. Longitud de los artículos

Los artículos no tienen mínima ni máxima extensión.

2. Convocatoria

Permanente.

3. Fecha de publicación

Se lleva a cabo en el mes de diciembre, de tal manera que cumpla con el proceso completo de recepción y aprobación por parte del comité editorial, del comité científico y el corrector de estilo.

4. Componentes de los artículos

- *Título.* Indica, de modo general, de qué trata el artículo. Este debe ser llamativo al lector.
- *Resumen.* Cada artículo debe contener un resumen con una extensión de 150 a 250 palabras. La revista se encarga de efectuar la revisión del presente apartado y consolidar su versión en inglés.
- *Palabras clave.* A continuación del resumen se debe insertar un promedio de cinco a seis palabras que faciliten la comprensión del enfoque del texto. La revista, igual que en el caso anterior, establece su versión en inglés.
- *Información del autor.* Cada artículo debe contener la información básica del autor, como es, su nombre completo, su formación académica, las instituciones donde recibió dicha formación, su número de celular y correo electrónico. De la misma manera, debe relacionar la formación complementaria, sus publicaciones y su vinculación a algún

grupo de investigación (aplica para quienes la posean).

- *Marco conceptual.* Es el cuerpo o desarrollo del artículo, es el componente más amplio y profundo del documento.
- *Metodología.* En este apartado el autor expone la metodología que utilizó para el desarrollo de su publicación.
- *Resultados.* Indica los alcances o logros que se obtuvieron por medio del trabajo efectuado.
- *Conclusiones.* Se refiere al cierre del documento. Se espera que el autor construya el párrafo o los párrafos de conclusiones proporcionales al desarrollo y la extensión del artículo.
- *Notas a pie de página.* Se requieren únicamente cuando se amplía información puntual del desarrollo del artículo.
- *Citación y referencias.* Se precisa el uso de normas APA última edición.

5. Aspectos adicionales

- *Fuente.* La letra utilizada es Times New Roman, 12 puntos.
- *Interlineado.* El interlineado es 1.15 cm.
- *Idiomas.* El idioma del documento es el español.
- *Figuras, tablas, gráficas e ilustraciones.* Cada esquema debe contener en su parte superior el título seguido de un punto y en la parte inferior la fuente seguida de dos puntos. En ninguno de los dos casos se emplea punto y aparte.

- *Títulos.* Los títulos deben estar organizados de la siguiente manera: títulos de primer nivel en letra mayúscula sostenida y títulos de segundo nivel con mayúsculas y minúsculas.

6. Política editorial

Los artículos participantes en las convocatorias sometidos a evaluación y posible publicación no deberán ser presentados simultáneamente a otras revistas; esto invalida su originalidad y compromete los derechos sobre su publicación.

No se recibirán artículos que no cumplan satisfactoriamente con las normas en las instrucciones para los autores. Cada artículo debe contener una carta de presentación. Esta debe estar firmada por el (los) autor (es) del artículo y cuando por algún motivo sea imposible, se solicita hacer envío de un correo electrónico en el confirme su participación tanto en el artículo original como en el artículo corregido según las observaciones de los pares evaluadores.

7. Evaluación de los pares

Después de llevarse a cabo el proceso de selección y revisión de los artículos por parte del comité editorial, el comité científico efectúa la respectiva revisión y aprobación, en caso de que así lo considere. Posterior a ello, se avanza en el proceso de corrección de estilo, actividad que permitirá doble contacto con el autor para aprobar la versión final de su documento. Actualmente la revista Vía Innova cuenta con un equipo de quince jurados, quienes cuentan con las capacidades

y habilidades idóneas para el desarrollo de este rol. Los autores no conocen la identidad de sus valoradores.

8. Política de plagio

La Revista de Divulgación Científica Vía Innova, en la evaluación de los artículos, utiliza el software "iThenticate", desarrollado por CrossCheck, que mide el grado de similitud, originalidad y autenticidad, comparando los artículos con documentos publicados e indexados en bases de datos electrónicas y cualquier recurso de internet. Los autores a quienes se les detecte esta acción de manera recurrente, serán estudiados por el comité editorial con la posibilidad de ser vetados en la revista.

Contacto: Omar Arley Arenas Quimbayo
SENA Regional Tolima
Centro de Comercio y Servicios
Teléfono: 270 9600 - Ext. 84403
Correo electrónico: revista@gesicom.co
Portal web: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/RVI>



SENNNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

GESICOM

Grupo de Investigación