



EXPRESA TU INGENIO

I MUESTRA NACIONAL DE PROYECTOS DE PREGRADO EN INGENIERÍA

ORGANIZAN



www.sci.org.co



Asociación Colombiana
de Facultades de Ingeniería

www.acofi.edu.co



**Asociación Colombiana
de Facultades de Ingeniería**

Carrera 68D 25B 86 oficina 205
Edificio Torre Central, Bogotá D.C., Colombia
PBX: + 57(1) 427 3065
acofi@acofi.edu.co
www.acofi.edu.co

CONSEJO DIRECTIVO ACOFI 2018 - 2020

Presidencia

Universidad del Valle, Santiago de Cali

Carlos Arturo Lozano Moncada

Vicepresidencia

Universidad Pontificia Bolivariana

Roberto Carlos Hincapié

Consejeros

Universidad de Antioquia, Medellín
Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias
Universidad de la Costa, Barranquilla
Universidad de Nariño
Universidad del Norte, Barranquilla
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Universidad Nacional de Colombia
Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira

Jesús Francisco Vargas Bonilla
Miguel Ángel García Bolaños
Fairuz Violette Ospino Valdiris
Eduardo Delio Gómez López
Javier Páez Saavedra
Johann Farith Petit Suárez
Claudio Camilo González Clavijo
María Alejandra Guzmán
Juan Esteban Tibaquirá

Director Ejecutivo

Luis Alberto González Araujo

Revisora Fiscal

Luz Mery Cuervo Garzón

ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA ACOFI

Asistentes de Proyectos

José Miguel Solano Araujo,
Simón Andrés De León Novoa
Janneth Pineda Molina
Jenny Quiroga Alarcón
Ariel Palomino Ulloa
Alexandra Vásquez Villarreal
Marcela Castiblanco García,
Hernán Reyes Díaz

Asistente operativa y de tesorería

Gestión Comercial

Contador

Auxiliar Contable

Auxiliares de Oficina

ISSN: 2711-2411 (En línea)

Fecha de Publicación: Febrero de 2020

Libro Digital

Producción Gráfica:

TSV Comunicación Gráfica S.A.S.

Tel.: + 57 (1) 309 7649

Bogotá D.C., Colombia

www.tsvgrafica.com

Las opiniones expresadas en este libro no son necesariamente las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería o de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.



Sede Centro: Carrera 4 No. 10 41
Teléfono: + 57(1) 555 0520
direccionejecutivasci@sci.org.co
www.sci.org.co/

JUNTA DIRECTIVA SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS

Presidente

Ing. Germán Pardo Albarracín

Vicepresidente

Ing. Iván Pinzón Amaya

Vocales

Ing. Sandra Celis Murillo
Ing. Ramón De Jesús Torres Ortega
Ing. José Agustín Wilches Gómez
Ing. Hernando Monroy Benítez
Ing. Juan Carlos Gutiérrez Duque
Ing. José Ramón Cedeño Gutiérrez

Ing. Julián Silva Tobar
Ing. Pauline Andrea Puentes Báez
Ing. Mario Lezaca Rojas
Ing. Víctor Manuel Cantillo Maza
Ing. Enrique Posada Restrepo

Directora Ejecutiva

Odette Spir Cardozo

Director Técnico

Jaime A. Ratkovich A

ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA

Directora Ejecutiva

Director Técnico

Director de Anales de Ingeniería

Procurador

Subdirector Financiero y Administrativo

Coordinador Comercial

Coordinadora de Comunicaciones

Coordinadora de Operaciones

Ingeniera de Gestión

Ingeniero de Apoyo Técnico

Ingeniera de Apoyo Administrativo

Odette Spir Cardozo

Jaime Andres Ratkovich Angarita

Jaime Bateman Durán

Jorge Ladrón De Guevara

Álvaro Hernández Fletscher

Jhon Sandoval Vergara

Ángela Andrea Rincón Castaño

Ladys C. Burgos Aruachán

Angie Katerin Zabala Bravo

Luis Felipe Rincón Puentes

Andrea Marcela Huelvas Téllez



CONTENIDO

Presentación	9
1. Módulo de transmisión autónoma de lectura de contadores de energía eléctrica integrado a IOT	11
2. Phibot	15
3. T&HS APP (sensor de temperatura).....	19
4. Spider Mesh	24
5. Diseño y desarrollo de un prototipo de aplicación web para identificar estudiantes en riesgo de deserción de un programa de pregrado	29
6. Desarrollo de un prototipo de monitoreo no invasivo de signos vitales y localización para perros.....	34
7. Sistema de adquisición de datos para el apoyo de la rehabilitación del hombro (manguito rotador).....	39
8. Sapiens: sistema de alertas tempranas para estudiantes de primer año de la facultad de ingeniería de la pontificia universidad javeriana	44
9. Emulador de un panel solar considerando irradiancia y temperatura.....	48
10. Análisis de diferentes reglas de prioridad de paso a consulta y predicción de los tiempos de espera en un centro de urgencias simulado	62
11. Optimización logística y diseño de un sistema de ruteo vehicular para el proceso de distribución de la empresa granados Gómez & Cia S.A. E.S.P.	73
12. Sistema de bombeo solar automatizado para comunidad Wayúu de Alakat “Wüin-ka’í”	77
13. Diseño y simulación de galgas extensométricas para la reducción de factores externos como temperatura, presión.....	82
14. Análisis del aprovechamiento de subproductos con fines energéticos: caso de estudio aeropuerto José María Córdova	87

15.	Contribución a la comunidad de software libre UNICENTA.....	93
16.	Prototipo de sistema integrado sumergible para el monitoreo remoto de la calidad del agua en grandes lagos	98
17.	Alternativa vial integral como solución a la movilidad crítica de la intersección vial Avenida Ambalá – calle 60 de la ciudad de Ibagué – Tolima	104
18.	Comportamiento del mortero hidráulico con aditivo de ceniza de la semilla del aguacate.....	109
19.	Alternativa de intersección vial en la calle 43 con carrera 5ta de la ciudad de Ibagué	113
20.	Transformación productiva de papa criolla (<i>Solanum Tuberosum</i>) en película biodegradable funcional: una alternativa de mercado para los productores del departamento de Boyacá	117
21.	Implementación de un PMA base para el casco urbano del municipio de Cáqueza-Cundinamarca, con el fin de mejorar las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos.....	123
22.	Ejecución del plan de gestión hídrica de la vereda “La Florida” (Unidad II del distrito de riego y drenaje de la ramada) en el municipio de Funza, Cundinamarca.....	132
23.	Diseño y construcción de una máquina para el reciclaje de tapas de plástico	141
24.	Análisis de escenarios de aprovechamiento potencial sobre flujos de residuos generados en la sede Chía – Cundinamarca, Universidad el Bosque	146
25.	Biometano como alternativa energética en el sector porcino	155
26.	Predicción del nivel de contaminación electromagnética utilizando google maps y técnicas IDW basado en medidas	159
27.	Aislamiento, selección y evaluación preliminar de la actividad enzimática de microorganismos aislados de pilas de compostaje de residuos verdes de la Universidad Industrial de Santander	165



28.	Efectos de los flux activos sobre soldaduras gmaw aplicadas a un acero AISI/ SAE 1020	171
29.	Metodología para el estudio y caracterización de vías terciarias mediante técnicas no convencionales - caso piloto departamento de Cundinamarca .	177
30.	Diseño del plan de mantenimiento basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM, para plantas eléctricas de emergencia atendidas por la empresa Wes Importaciones	182
31.	Diseño e implementación de herramientas de innovación para el seguimiento y control de proyectos en el sector público o privado.....	188
32.	Aplicación de agregados reciclados de concreto rca en mezclas asfálticas drenantes	193
33.	Sistema de monitoreo y control de alerta temprana del desbordamiento de un río (SIALTERI).....	199
34.	Tratamiento de imágenes para la clasificación de café según su estado de maduración y detección de la broca tomadas por medio de un dron	203
35.	Agricultura de precisión por medio de drones	209
36.	Evaluación de la obtención de energía y subproductos a partir de un esquema básico de biorefinería centrado en Co-digestión Anaerobia	214
37.	Generación automática de Chatbot y su integración con tecnologías emergentes lot – Blockchain	219
38.	Implementación de un biodigestor de bajo costo para la porcicultura sostenible en la reserva el verjón	224
39.	Revisión de la metodología tarifaria de acueducto y alcantarillado como una propuesta para su optimización	230
40.	Cibernética de 3 ^{er} orden aplicada a un sistema de distribución de lácteos en una empresa en Bogotá mediante un modelo de optimización.....	235



PRESENTACIÓN

Es motivo de satisfacción para la Sociedad Colombiana de Ingenieros (SCI) y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) haber realizado en el año 2019, la **I Muestra Nacional de Proyectos de Pregrado en Ingeniería: Expresa tu Ingenio**, una iniciativa que busca reconocer los mejores trabajos de los estudiantes de ingeniería de todo el país al finalizar sus estudios de pregrado, los cuales son iniciativas de alto valor para el desarrollo del país.

Esta primera versión de Expresa tu ingenio permitió la exposición de 40 trabajos en las temáticas: Agroindustria, Energía, Materiales, Procesos productivos y logísticos, Saneamiento y Tecnologías 4.0, elaborados por estudiantes de 30 instituciones de educación superior de todo el país, como un aporte al desarrollo regional y nacional, constituyéndose en un espacio en el que los futuros ingenieros, presentaron al país sus proyectos, en los que se destacó en cada uno trascendencia, aplicación e impacto en la sociedad.

Es de resaltar la alianza SCI – ACOFI como reflejo del trabajo articulado entre los gremios de la profesión y la labor que se desarrolla desde las facultades de ingeniería, lo cual permite fortalecer el ejercicio de la ingeniería y el quehacer desde cada una de las instituciones donde se enseña la profesión.

La Sociedad Colombiana de Ingenieros y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería hacen un especial agradecimiento a las entidades y personas que hicieron posible esta primera versión de Expresa tu Ingenio.



MÓDULO DE TRANSMISIÓN AUTÓNOMA DE LECTURA DE CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA INTEGRADO A IOT

Javier Rojas Cárdenas, Yeison Estiven Otavo Vargas
Corporación Universitaria UNITEC

Temática: Energía

Justificación de temática: El proyecto postulado en el presente evento se registra a la temática "Energía", porque para nosotros, este sistema permite obtener resultados fiables y tiempo real del consumo energético de los hogares a través del uso del internet de las cosas como tecnología vanguardista y de suma importancia para el mejoramiento de los actuales servicios suministrados por las vigentes compañías prestadoras del servicio eléctrico.

RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad diseñar e implementar un módulo encargado de tomar lecturas de consumo eléctrico de energía, las cuales son transmitidas haciendo uso de las tecnologías móviles de acceso a internet actuales (GSM e IoT) a un servidor web en el cual podrán ser consultadas por el cliente haciendo uso de un Login de ingreso a las lecturas (Usuario y Contraseña). Su funcionamiento se basa en el uso de una tarjeta microcontroladora la cual está unificada a unos dispositivos de medición de tensión previamente calibrados.

INTRODUCCIÓN

Este documento quiere dar a mostrar los aspectos más importantes que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del proyecto, partiendo de las bases requeridas en telecomunicaciones, eléctrica y electrónica que hacen posibles la viabilidad del proyecto.

Los conceptos adquiridos durante nuestra carrera profesional permiten el desarrollo del proyecto y es aquí donde vemos reflejado el resultado de los conocimientos adquiridos teniendo como objetivo mostrar una idea innovadora, que está de la mano con las tecnologías emergentes (IoT), que empiezan a aplicarse de manera progresiva en el país y con esto brindar mejoras tanto para clientes como para las empresas prestadoras de los servicios de suministro eléctrico en lo referente a la calidad del servicio prestado.

Con todo esto se espera que el proyecto tenga apoyo de los distintos entes (privados y públicos) para poder que se le puedan implementar mejoras en su desarrollo y también pueda ser aplicado en otros sectores de la industria.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Existen en la actualidad contadores analógicos los cuales se encargan de la toma de lecturas y que hoy en día siguen siendo implantados en gran parte del país. Este sistema en comparación con otros países de la región no es el óptimo. Se hace indispensable hacer uso de las nuevas tecnologías, enfocadas a diseñar sistemas inteligentes, como Internet de las Cosas (IOT), que permite retirar el error asociado al factor humano y su vez la optimización procesos.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar, construir y validar el funcionamiento de un módulo que permita la toma y transmisión de lecturas de consumo eléctrico de energía integrado a IoT alojadas en un servidor Web de creación propia.

Objetivos Específicos:

- Investigar el método de cómo se realiza la toma de lecturas actualmente, con la finalidad de pasar esos datos a un formato digital.
- Buscar diferentes tecnologías de transmisión con las cuales se pueda enviar la información para su análisis.
- Diseñar una interfaz que nos permita visualizar la información obtenida de forma clara.
- Realizar una prueba de funcionamiento a nivel local dentro de una red eléctrica doméstica.
- Analizar los datos obtenidos en la prueba con el fin de buscar posibles fallas en su funcionamiento.

■ METODOLOGÍA

Fase 1. Estudio de funcionamiento de los Contadores

Durante la etapa inicial se procederá a investigar y analizar el funcionamiento interno de los contadores utilizados por las compañías energéticas. Esto con la finalidad de determinar la forma más óptima de tomar la captura de los valores medidos en estos dispositivos y su respectiva transmisión a través del módulo de comunicación elegido.

Fase 2. Análisis y selección de dispositivos

La segunda etapa de proyecto se comprende el estudio de las distintas tecnologías de transmisión inalámbrica de datos en la actualidad con la finalidad de determinar la elección más acorde para adoptar dentro del proyecto y generar la cotización de adquisición de los elementos a utilizar para dar funcionamiento al proyecto.

Fase 3. Pruebas básicas funcionamiento de los dispositivos

Se realizan las pruebas que permitan corroborar el funcionamiento de los elementos adquiridos, así como también verificar la correcta integración entre los módulos de comunicación inalámbrica y las tarjetas microcontroladoras.



Fase 4. Generación del código conversión digital análogo

Durante la realización de esta fase se logra obtener la captura de datos obtenidos del contador de medición de energía eléctrica y generar un tratamiento de estos datos con la finalidad de poder obtener un valor cuantitativo del consumo producido por los clientes.

Fase 5. Configuración del servidor

Se realizará el diseño de la arquitectura necesaria para permitir el alojamiento de todos los datos que sean capturados en el contador a través de un servidor web que permita la recepción de los datos que podrán ser utilizados para la realización de informes y procesos estadísticos

Fase 6. Pruebas de Conectividad y envío de datos al servidor

Dentro de la presente fase se realizarán test de funcionamiento llevados a cabo en un ambiente de prueba donde será posible observar el comportamiento del aspecto enfocado a la comunicación dentro del sistema, llevando a cabo envío de los datos capturados al servidor web.

Fase 7. Conexión de Servidor y en envío de datos a dispositivos móviles

En esta fase se validará que la información pueda ser vista en tiempo real en equipos móviles como tabletas o celulares y de esta forma el usuario puede tener conocimiento de su consumo en tiempo real.

■ RESULTADOS

- La toma de las lecturas de medición no fue del todo acorde con los valores obtenidos de forma teórica, lo que generó que se tuvieron que tomar como referencia otros valores de medición, así como la inclusión de un sensor adicional para obtener una medición más precisa
- El envío de los datos al servidor dedicado se generó de forma correcta a través del uso de los comandos AT, los cuales nos permitieron una interacción confiable con el módulo y mejorar la tasa de envío que en principio se realizaba cada minuto, mejorando los tiempos de respuesta a cada 5 segundos.
- En la base de datos del servidor diseñado se logra el almacenamiento de la toma de lecturas dentro de unas tablas con campos específicos para dar un orden a la información obtenida, la dificultad más frecuente fue el de asociar la información recibida con el campo dentro de la tabla en la base de datos donde debía alojarse de manera específica para su correcta visualización en la página web.
- Los datos almacenados en el servidor se muestran en la página web diseñada, luego de que en las pruebas iniciales la información enviada no era almacenada en el servidor, solventado el percance con la adquisición de un servicio de hosting de pago que nos permitió obtener un espacio para el almacenamiento de la información y su correcta recepción.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Sector industrial enfocado en el uso de motores con alto consumo eléctrico, hogares, empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica.

■ CONCLUSIONES

Se espera que la implementación de esta tecnología permita tener un mejor control de los datos de consumo enviados desde los medidores de consumo eléctrico de energía, que permitan una interacción más estrecha por parte del cliente con su consumo energético.

Disminuir los costos de migración tecnológica para las compañías energéticas, que permitan adoptar sistemas inteligentes de medición de bajo costo y de fácil implementación para regiones en vías de desarrollo. De acuerdo a los resultados mencionados en anteriores ítems, evidenciamos que el proyecto es viable de manera comercial, saliendo del aspecto académico lo cual nos incita a continuar con el mismo luego de culminar nuestro proceso académico.

■ BIBLIOGRAFÍA

- E. d. E. d. B. Bogotá, «Grupo Energía Bogotá,» 27 Octubre 2018, <https://www.grupoenergia-bogota.com/eeb/index.php/empresa/historia>.
- L. Orozco, «www.larepublica.co,» 28 Agosto 2015, <https://www.larepublica.co/empresas/medidor-inteligente-de-energia-la-apuesta-para-mejorar-el-servicio-2294156>.
- O. G. A. Rojas, «www.eltiempo.com,» 27 Enero 2018, <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/cambio-del-contador-de-energia-en-hogaresde-colombia-175936>.



PHIBOT

Fanor Hernán Quintero Atará, Anderson Carbonó Carbonó

Corporación Universitaria UNITEC

Temática: Tecnologías 4.0

■ RESUMEN

Phibot es un robot autónomo multi-bot colaborativo, programado desde el IDE de Arduino incluyendo su placa madre OPENGL y un gran uso de sensores del alcance bot-explorer. Que presenta de manera puntual los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones, en áreas tales como programación, electrónica, análisis de señales, sistemas de comunicación e ingeniería aplicada, mediante la construcción de

■ INTRODUCCIÓN

En vista que, la tecnología a través de los años evoluciona con forme a las necesidades del hombre reemplazándolo en labores y áreas de alto riesgo y/o poca accesibilidad como lo son cuevas, oleoductos, derrumbes entre muchos más, denotando la necesidad de implementar robots. Es en esta parte donde es imperante el manejo de algoritmos de búsqueda o desplazamiento, así como reconocimiento de entorno en que el robot se encuentre y desplazará.

El campo de la robótica distribuida tiene sus orígenes a finales de los 80's, cuando varios investigadores comenzaron investigando temas en sistemas de robots móviles múltiples.

Previo a este tiempo, la investigación se había concentrado en robots simples o sistemas de solución de problemas distribuidos que no involucraran componentes de robótica. Los tópicos de interés particular en este trabajo de robótica distribuida incluyen; robots celulares o reconfigurables, planeación de movimientos de multi-robots, arquitecturas para cooperación de multi-robots[1]

En comunicación el trabajo más reciente en la comunicación de multi-robots se ha enfocado en lenguajes de representación y el establecimiento de estas representaciones en el mundo físico [2].

Adicional a esto, el trabajo se ha extendido a conseguir tolerancia a fallas en comunicación de multirobots, tales como actualización y mantenimiento de redes de comunicación distribuidas [3] asegurando la confiabilidad en la comunicación de los mismos [4].

De esta manera nació "PhiBot" un multi-robot de tipo explorador capaz de mapeo y monitoreo de espacio apoyado en un conjunto de sensores de gran precisión (humedad, temperatura,

geolocalización, presión atmosférica, GSM) de igual forma mejorar la comunicación con soluciones de infraestructura en la nube.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el área nacional el acceso a lugares de gran riesgo y/o de pequeño acceso tales como; minas, derrumbes, y siniestros, es un problema al momento de salvar y/o rescatas personas perdidas bajo escombros en el menor tiempo posible. De igual manera, los cuerpos de rescate obtiene poca información de lo acontecido, su maquinaria es limitada en tamaño y alcance.

¿Como llegar a lugares de difícil acceso evitando la excavación?

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar, desarrollar e implementar un robot compacto basado en Curiosity, para el monitoreo de lugares inaccesibles para el hombre.

Objetivos Específicos:

- Esquivar obstáculos y hacer cálculo de distancia entre cada uno de ellos.
- Mostrar en pantalla tipo radar los diferentes objetos que se encuentran a su alrededor.
- Mostrar al usuario final la trayectoria del recorrido.
- Mapear 3D lugares.
- Sensado de humedad y temperatura.
- Visualizar en tiempo real el entorno.

■ METODOLOGÍA

Localización, mapeo y exploración:

Bastante de este trabajo está siendo aplicado a grupos multi-robots y ha sido dirigido a ambientes 2D o 3D. Adicionalmente, casi todo toma un algoritmo existente desarrollado para un robot sencillo: mapeo, localización o explicación y lo extiende a múltiples robots, como lo opuesto a desarrollar un nuevo algoritmo distribuido. Como en el caso del enfoque de un robot sencillo a localización, mapeo y exploración, investigar en la versión de multi-robots puede describirse usando las categorías familiares basadas en el uso de puntos de referencia los cuales usan sensores de rango (tales como sonar o láser) o sensores de visión.

Movimiento y coordinación:

Un tópico popular de estudio en grupos de multi-robots es la coordinación de movimiento, control de tráfico [4] y generación de formaciones [3]. La mayoría de estos temas son ahora muy bien comprendidos, aunque la demostración de estas técnicas en grupos de multi-robots físicos (más que en simulación) ha sido limitada. Casi todos los trabajos previos han sido dirigidos a dominios 2D y ambiente 3D.

■ RESULTADOS

Durante 2 años, phibot a tenido variaciones en cuanto a su estructura (Figura 1. Primera versión) se ha logrado el diseño y desarrollo de un robot compacto (no mayor a 15 cm) y lo más liviano posible.

Logra evitar obstáculos a 5cm, marcando su posición actual con gps, temperatura y humedad del ambiente en donde se encuentre. Es controlado por usuario mediante radio frecuencia a 50m (en línea de vista) y 20m (con muros) (Figura 2. Segunda versión).

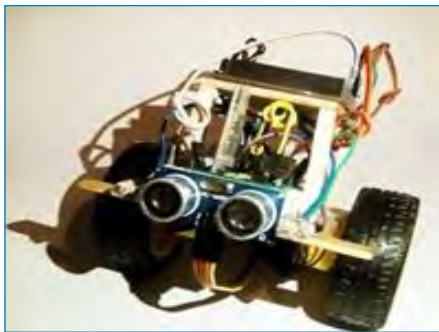


Figura 1

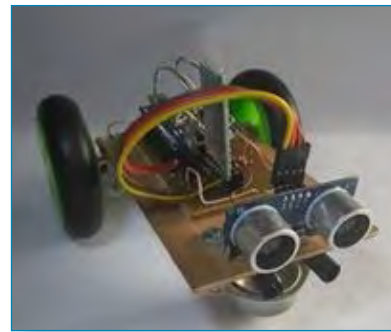


Figura 2

En dado caso que el robot pierda comunicación se detendrá esperando su vinculación.

La versión actual de phibot (Figura 3) pasó de ser madera a PLA (plástico biodegradable) en su totalidad reduciendo de esta manera la huella ecológica.

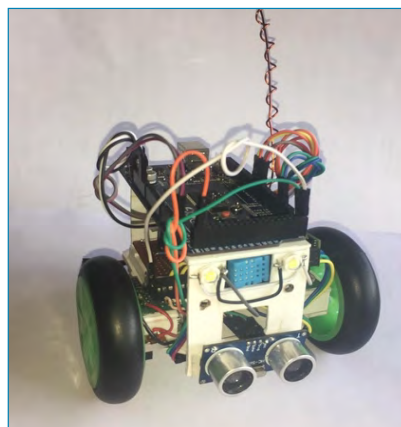


Figura 3

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Multi-bot de cooperación para equipos de rescate.

■ CONCLUSIONES

Durante la ejecución del proyecto se ha logrado comprender como la ciencia y la ingeniería son la base para la solución de problemas que a diario rodean a una sociedad.

Phibot se ha enfrentado a problemas base como lo son su diseño, hasta la potencia que necesita para operar de manera ideal y como estudiantes la formación en cada uno de estos campos a fortalecido el deber ser del ingeniero, la importancia de las alianzas con diferentes carreras y disciplinas para solución de estos y los demás problemas que vendrá.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. H. Cantrell, G. Dedeoglu y G. Sukhatme. (2000) "Landmarkbased matching algorithm for cooperative mapping by autonomous robots" En Proceedings of the Fifth International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS 2000).
- [2] David Jung y Alexander Zelinsky. (2000) Grounded symbolic communication between heterogeneous cooperating robots. Autonomous Robots.
- [3] A. Winfield. (2000) "Distributed sensing and data collection via broken ad hoc wireless connected networks of mobile robots." En Proceedings of Fifth International Symposium on Distributed Autonomous Robotics Systems (DARS 2000).
- [4] P. Molnar y J. Starke. (2000) "Communication fault tolerance in distributed robotic systems" En Proceedings of Fifth International Symposium on Distributed Autonomous Robotics Systems (DARS 2000).



T&HS App (Sensor de temperatura)

Ana María Salas Zapata y Alejandra Tibaduiza Daza

Corporación Universitaria UNITEC

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: Un Data Center es un espacio que alberga recursos tecnológicos que permiten procesar una gran cantidad de información, es un ambiente acondicionado con servidores y computadores conectados en para desarrollar el procesamiento de los datos. De ahí que, hay momentos en los que se incrementa la temperatura de dicho lugar, lo cual, no es adecuado para los dispositivos. Por eso, la idea principal de este proyecto es que, a través del montaje del circuito y la creación de la aplicación T&HS, se pueda obtener una muestra específica, mediante el análisis de datos, de la temperatura exacta del ambiente, lo cual, brinda los datos en tiempo real, lo cual permite tener un tiempo de respuesta inmediato para mejorar el rendimiento de las máquinas y propiciar el ahorro significativo de energía.

RESUMEN

Hoy en día, con el internet de las cosas (IoT) los sensores de temperatura son de completa ayuda para analizar y optimizar procesos. Con la utilización de los sensores de temperatura se aporta al desarrollo tecnológico de la sociedad, ya que, sirven para ser utilizados en diversas aplicaciones de la vida cotidiana como la climatización para control ambiental, manipulación de productos químicos, entre otros, los cuales aportan información esencial que puede ser tomada y evaluada para con el fin de mejorar un proceso específico. Por tal motivo, se decide realizar este proyecto de T&HS App (Sensor de temperatura)' basado en Energía y Android Studio, cuya función es proporcionar datos en tiempo inmediato, con el fin de controlar y analizar la temperatura de un lugar mediante la app.

INTRODUCCIÓN

En este documento se explica la realización, el funcionamiento y la implementación del dispositivo sensor de temperatura DHT11. Aquí, se describe el montaje del circuito, los materiales necesarios, la programación en el software de Energía. Al mismo tiempo, se muestra el desarrollo de la aplicación T&HS realizado en la plataforma de Android Studio, la cual se conecta al sistema físico y arroja o muestra datos de temperatura del ambiente en tiempo real. Este proyecto es propuesto con el fin de captar los datos precisos de temperatura que arroja el ambiente en un Data Center.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este sistema es implementado específicamente en el Data Center del Fondo Nacional del Ahorro de la localidad de Suba, dado que, actualmente en este lugar cuenta con un solo sistema de aire acondicionado que nivela la temperatura proporcionando un tiempo de respuesta mediano y a veces remoto mas no presenta datos en tiempo real lo cual impide poseer un tiempo de respuesta inmediato.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar e implementar una aplicación en Android Studio que esté directamente conectada con una placa Launchpad de referencia CC3200, la cual, capte los datos precisos de temperatura que arroja el ambiente en el Data Center del Fondo Nacional del Ahorro Suba con el fin de, a partir del análisis de estos datos, mejorar el rendimiento de las máquinas y proporcionar un ahorro de energía significativo.

Objetivos Específicos:

- Obtener datos exactos de la temperatura del ambiente.
- Leer las señales eléctricas que arroja el sensor, mediante la placa y el software de Energía.
- Mostrar cómo se lee el sensor a través del uso de la librería de control.
- Digitalizar las señales de temperatura mediante gráficas.
- Desarrollar una aplicación en Android Studio que muestre los datos y las gráficas precisos en tiempo real (T&HS).

■ METODOLOGÍA

- Consultar las definiciones de sensor, tipos de sensor, Arduino, Energía y Android Studio.
- Visitar el Data Center del fondo Nacional del ahorro de Suba con el fin de indagar acerca de las necesidades principales del lugar.
- Descargar las diferentes herramientas digitales o de desarrollo para la placa Launchpad XL y la aplicación m\’ovil.
- Seleccionar el tipo de sensor de temperatura que se va a utilizar y ver cuál es el que se adecua por costo, tamaño, consumo, eficiencia y exactitud.
- Adquirir materiales necesarios para hacer montaje del prototipo del sensor de temperatura DHT11.
- Hacer montaje de prototipo de sensor en protoboard con la placa de Energía.



- Realizar código de programación en Energía para hacer conexión entre sensor, placa Launchpad XL y software.
- Desarrollar la aplicación en Android Studio con el fin de establecer una conexión entre el sensor de temperatura, el servidor ThingSpeak y la aplicación T\&HS.
- Desarrollar código de interfaz gráfica.
- Desarrollar código de administración de interfaz gráfica.
- Realizar pruebas físicas con el prototipo.
- Realizar pruebas de desarrollo con la aplicación.
- Realizar correcciones y ajustes necesarios, en caso de ser requeridos.

■ RESULTADOS

Como resultado de la investigación realizada y del proyecto presentado, es posible concluir que el prototipo que se realizó fue desarrollado dentro del tiempo y con los parámetros establecidos, incluso se agregaron más actividades de las estipuladas como por ejemplo el desarrollo de la aplicación T&HS de forma adaptativa. Por esta razón, se cumple con el objetivo general del proyecto.

De ahí que, se concluya que los componentes del dispositivo si son los adecuados para realizar la muestra (prototipo T&HS).

Pero a partir de las pruebas y los ajustes realizados se analiza que el sensor utilizado en este caso para prototipar (DHT11) requiere un cambio en dado caso en que se implementara este dispositivo en lugar donde haya más de dos máquinas servidores y cuyo perímetro supere los 10 mts.

Del mismo modo, al realizar un proyecto con estas características es necesario tener presente las variables como verificar lugar, perímetro, cantidad de máquinas y necesidades del usuario al cual se le prestará el servicio para así poder estipular costos y trabajar con base en ello.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Lugares o espacios cuya temperatura aumente o disminuya de forma drástica, donde se requiera analizar y controlar la misma.

■ CONCLUSIONES

Es preciso avanzar en el desarrollo de la aplicación T&HS con el fin de: leer datos tanto de temperatura como de humedad (numérica y gráficamente), que esta envíe notificación cada vez que sea necesario al celular, es decir, cuando aumente o disminuya de forma drástica la temperatura y humedad con el objetivo de enviar un comando de vuelta al dispositivo por medio

de la aplicación donde, con el uso de ventiladores automatizados, se controle la misma y, se verifique su funcionamiento de forma inmediata.

De tal forma que al enfocarse en ampliar las variables del proyecto y potenciarlo, este pueda ser implementado en varias empresas de diferentes áreas no solo en Data Center sino también en Call Center o empresas de este tipo, cuya necesidad es verificar y controlar la temperatura y la humedad de sus entornos en tiempo real.

■ BIBLIOGRAFÍA

- (2019). Sensor de temperatura. Programarfácil.com Recuperado de <https://programarfácil.com/podcast/82-escoger-mejor-sensor-temperatura-arduino/>
- Díaz, J. (2016) TRABAJANDO CON EL SENSOR DE TEMPERATURA. Arduino. Recuperado de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/05/16/trabajando-con-el-sensor-de-temperatura/>
- (2016). Proyecto 1: Sensor de Temperatura Inteligente. Curso Arduino. Recuperado de <http://cursoarduino.proserquisa.com/2016/10/12/proyecto-1-sensor-de-temperatura-inteligente/>
- Perea, J.W. (2016) Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero. Trabajo de Investigación Formativa. Universidad tecnológica de Pereira. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7436/621317P434.pdf?sequenc>
- González, J.C. (2013). Holo Ambient Temperature, una aplicación para sacarle más provecho a los sensores de Android. Xataka Android. Recuperado de <https://www.xatakandroid.com/aplicaciones-android/holo-ambient-temperature-una-aplicacion-para-sacarle-mas-provecho-a-los-sensores-de-android>
- Luis del Valle Hernández (13 de Enero de 2019). Cómo utilizar el sensor DHT11 para medir la temperatura y humedad con Arduino <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>
- ¿Qué es Arduino? MCI Electronics. Recuperado de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Conoce Android Studio. Android Studio Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/studio/intro/?hl=es-419>
- Balcells J., Romeral, J.L.; 'Autómatas programables'; ed. Marcombo. Sensores. ppt [Diapositivas]. Recuperado de <http://moodle.upf.edu/etica/semana1/clase1>
- energiaproject. (2012). What is Energia and how did it get started. Recuperado de <https://energia.nu/>



The MathWorks, Inc. (2019).ThingSpeak. Recuperado de <https://thingspeak.com/> Texas Instruments (1995-2019) About TI. Recuperado de <http://www.ti.com/>

Texas Instruments (1995-2019)1-Wire Enumeration. Recuperado de <http://www.ti.com/>



SPIDER MESH

Anaya Miguel; Espinosa Juan; González Álvaro; Luna Elver; Montoya Sebastián;
Riaño Juan

Escuela Colombiana de Ingeniería

Temática: Procesos Productivos y Logísticos.

Justificación de temática: Las mallas electro soldadas son una de las bases para la construcción de una edificación y por ende su producción se hace cada vez más masiva, aunque su producción es relativamente fácil su almacenamiento no lo es, debido a que éstas en conjunto pueden llegar a pesos tan altos que se hace para el hombre imposible manipular. Se hace necesario diseñar una herramienta capaz de facilitar la labor del transporte de los paquetes de mallas electro soldadas dentro de la industria del acero.

RESUMEN

Spider mesh es un dispositivo capaz de enganchar como de desenganchar de forma segura los paquetes de mallas electro soldadas por dentro de ellas. El presente informe describe el proceso de diseño a la solución de uno de los riesgos laborales a los que los operarios de la industria de aceros están sometidos. En este se investiga y analiza por medio de herramientas CAD, los diferentes comportamientos y esfuerzos que genera cada una de las etapas del proceso de transporte y de almacenamiento de mallas electro soldadas, para así llegar al diseño físico de un sistema que permite realizar el proceso, mitigando la manipulación por parte de los operarios y generando mejoras en los tiempos de traslado y almacenamiento de las mallas.

INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta un sistema mecánico innovador el cual es capaz de realizar el levantamiento de los diferentes tipos de mallas, sin la intervención directa de operarios. El sistema de enganche y desenganche automático permite transportar de manera segura los diferentes tamaños de paquetes; pues con solo remplazar un juego de eslabones en cada gacho sujetador este se puede adaptar a tamaño.

Las mallas electrosoldadas son usadas en dos grandes sectores de la economía, en la minería y en la construcción, en donde cumplen la función de refuerzo en muros, columnas y edificaciones. Lo que significa que a medida que crecen estos dos sectores, se incrementa su demanda. Actualmente la industria del acero compite por la optimización en el desarrollo y puesta en marcha de las mallas electrosoldadas, lo cual genera nuevos retos en cada uno de los procesos de fabricación, especialmente en los procesos de descargue, esta problemática es estudiada al inicio del informe.

Posteriormente se abre paso a la elaboración del diseño por medio de modelados y prototipos permite generar criterios viables para un enfoque concreto hacia la generación de una solución. Por medio de un análisis de movimiento generado en software Solid Works, se generó un diseño físico detallado, el cual permito comparar las simulaciones con los ensayos físicos, donde se genera una solución común más acertada.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, la movilización de mallas electrosoldadas presenta problemas tanto de riesgos para el operario como de tiempo de transporte. De esta manera, para movilizar un paquete de mallas de un punto a otro, es necesario que el operario realice la sujeción de los paquetes manualmente, lo que representa un riesgo en alturas cuando las mallas se encuentran apiladas y el operario tiene que subir sobre estas para efectuar la respectiva sujeción. Este proceso manual por parte del operario también se traduce en tiempos elevados en el transporte, lo que finalmente conlleva a una baja productividad.

■ OBJETIVOS

- Mitigar la manipulación de las mallas por parte de los operarios, a la hora del transporte.
- Reducir los riesgos presentes a la hora de movilizar los paquetes de mallas y mejorar las condiciones de trabajo de los operarios.
- Mejorar la seguridad de la sujeción de los paquetes de mallas.
- Disminuir el tiempo gastado en la movilización de cada paquete de mallas.

■ METODOLOGÍA

En primer lugar, se realizó una vista a compañías donde se conoce el proceso de almacenamiento de los paquetes de mallas. Una vez contemplado el problema, se dio paso la fase de generación de ideas. Para la problemática se realizaron diferentes métodos para generar las posibles alternativas del diseño. En este caso se preseleccionaron tres ideas:

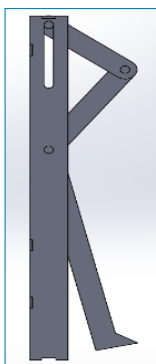


Figura 1. Spider mesh

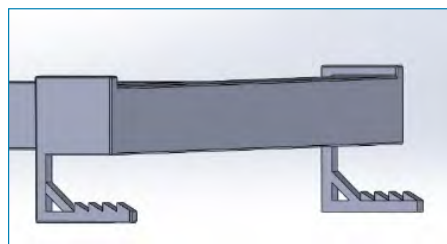


Figura 2. Gancho dentado

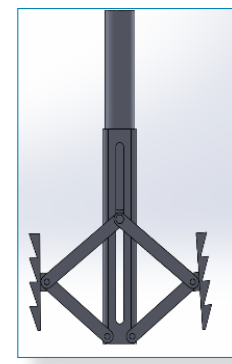


Figura 3. Gancho expansivo

Las figuras 1, 2 y 3 muestran las ideas iniciales de los mecanismos que podrían cumplir con el proceso de enganche y desenganche de los paquetes de mallas electrosoldadas. En la (Figura 1) se observa Spider mesh en el cual el mecanismo se basa en un eslabonamiento cuatro barras con una corredera que administra el movimiento de un gancho capaz de enganchar las mallas por dentro. En la (Figura 2) se observa gancho dentado, esta es la solución más fácil de construir pero no se está asegurando la no manipulación por parte del operario, ya que para esta es necesario amarrar los paquetes y así estos ganchos entrarían y engancharían el amarre. Finalmente la (Figura 3) se observa un mecanismo en base al funcionamiento de una corredera, el cual engancharía los paquetes por dentro pero a diferencia del spider mesh este engancha dos superficies opuestas en los orificios de los paquetes.

Para poder adaptar el mecanismo a los diferentes recuadros de las mallas se planteó la idea de cambiar las dimensiones de uno de los eslabones, de esta manera tener diferentes medidas de apertura y poder sujetar las mallas con recuadros de 10cm, 15cm y 25cm.

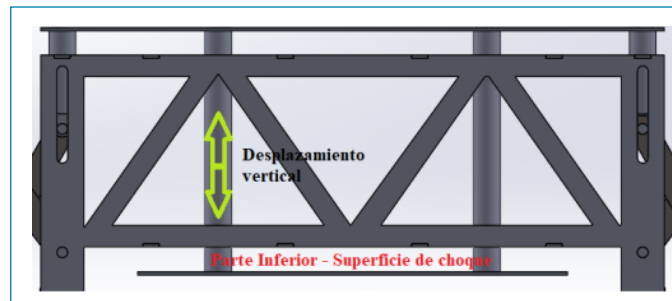


Figura 4. Vista lateral estructura spider mesh

Este dispositivo se planteó que se actuara con un movimiento vertical que es ejecutado cuando este se estrella con las mallas.

El sistema de se planteó de tal manera que los mecanismos exteriores fueran los únicos que permitieran la apertura y lo que se encuentra en la parte interna fueran fijos. Este sistema de sujeción implementado no fue el más acertado debido a que presentaba problemas de sujeción y al momento de realizar el desenganche se enredaba con las mallas teniendo que ser manipulado para liberar el mecanismo.

En consecuencia, fue necesario realizar una nueva modificación al prototipo. Esta modificación se basaba en que los dos elementos que sujetan las mallas tengan apertura, con esta nueva implementación se buscaba que este entrara entre los recuadros de la manera más centrada posible y no chocara entre las paredes de los recuadros, de la misma manera como se contraen

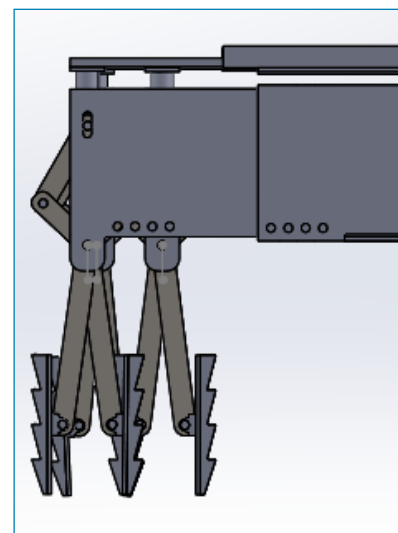


Figura 5. Vista lateral cabezales. Spider mesh

los dos eslabones permitían un limpio desenganche permitiendo sin ninguna manipulación la extracción del mecanismo.

Fue necesario realizar nuevas modificaciones al prototipo en el cual dos de los tres cabezales pasaron hacer modulares estos permitían cambiar la distancia entre las filas de los mecanismos. Adicional a eso fue necesario cambiar el sistema del cabezal ya que este es capaz de cambiar la distancia entre los eslabones de sujeción, acoplándose a cualquier tipo de malla.

■ RESULTADOS

En mecanismo Spider Mesh fue necesario rescatar el mecanismo de apertura por medio del movimiento de eslabones. Además en el mecanismo Gancho expansivo el sistema de garras fue la que mejor se comportó a la hora de realizar el enganche y desenganche de la carga con seguridad ya que por su geometría permitía que las mallas encajaran entre las cavidades y permitiera la sujeción al momento de la elevación.

Tenido en cuenta estas fortalezas del mecanismo se plantearon un sistema de araña con seis puntos de sujeción los cuales tienen que ingresar entre los recuadros de las mallas de esta manera se permite la sujeción de estas y permitir el desplazamiento.

Con estas nuevas modificaciones se llegó a un conjunto de piezas ajustadas entre sí que facilita el trabajo de levantamiento de paquetes de mallas electrosoldadas que, gracias a su mecanismo engancha dichos paquetes por dentro de las mismas. Sin duda es una herramienta que promete satisfacer todas las necesidades y exigencias que hay actualmente en el almacenamiento de este producto mejorando así significativamente el proceso.



Figura 6. Spider mesh

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El mecanismo es diseñado en la industria del acero en almacenamiento de mallas electrosoldadas tanto en producción como las construcciones civiles donde se requiera la movilización de paquetes de este tipo, por lo que entra en temática **procesos productivos y logísticos**.

■ CONCLUSIONES

Se estableció un diseño de un mecanismo mecánico que permite realizar la operación de enganche y desenganche de una manera segura y confiable. Del mismo modo el sistema es capaz de acoplarse a los diferentes tamaños de malla manejados en la industria los cuales constan de cuadrículas de dimensiones de 10, 15 y 25 centímetros.

Se diseñó un sistema que permite manejar diferentes aperturas mediante la implementación de mecanismo de 4 barras de las cuales con cambiar un eslabón en cada uno de los ganchos modifica la apertura máxima de las garras de sujeción.

Se desarrolló un actuador que al ser accionado trabaré el mecanismo de apertura y cierre de las garras cuando se encuentran desplegadas para sujetar las mallas de manera fija para permitir una correcta sujeción de las mallas durante el transporte de las mismas para posteriormente este mismo actuador permita cerrar las garras y dejarlas fijas, para la operación de desenganche.

Para esta aplicación se utilizó un actuador retráctil tipo trinquete, es de tener en cuenta que debe ser resistente ya que cada actuador debe superar una fuerza de 7.848 KN cuando este accionado con la máxima carga.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Productos de Construcción LamasaConstrucción", Almasa.com.co, 2018. [Online]. Available: <http://www.almasa.com.co/productos/construccion>. [Accessed: 22- Nov- 2018].
- [2] Schnell empresa líder mundial en el sector de las máquinas automáticas para la elaboración del hierro para hormigón armado <https://www.schnellgroup.es/es/Empresa/Schnell-la-empresa-lider-mundial-en-el-sector-de-las-maquinas-automaticas-para-la-elaboracion-del-hierro-para-hormigon-armado/>
- [3] Puente grua abusgruas. [Https://www.abusgruas.es/gruas/puentes-grua](https://www.abusgruas.es/gruas/puentes-grua), información de alturas de sus productos y funcionamiento.
- [4] Todas las imagenes de los CAD son sacadas de la fuente SolidWorks con diseño propio del grupo.



DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN WEB PARA IDENTIFICAR ESTUDIANTES EN RIESGO DE DESERCIÓN DE UN PROGRAMA DE PREGRADO

Sebastián Méndez Garzón, Ph.D. Jorge Luis Bacca Acosta

Fundación Universitaria Konrad Lorenz, Facultad de Matemáticas e Ingenierías, Ingeniería de sistemas, Semillero TecnoEduKon

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: El proyecto se postuló a esta temática porque el resultado del proyecto es un desarrollo de software innovador que incluye la aplicación de una técnica de inteligencia artificial conocida como razonamiento basado en casos para la predicción de estudiantes en riesgo de deserción de programas de pregrado en educación superior.

RESUMEN

La deserción académica es un problema recurrente al que se enfrentan las universidades continuamente. Con el objetivo de contribuir a la investigación en formas de prevenir la deserción académica en las universidades, en este proyecto de grado se desarrolló una aplicación web innovadora que utiliza la técnica de razonamiento basado en casos para identificar estudiantes en riesgo de deserción en los programas de pregrado de la Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Este proyecto abarca desde la revisión del estado del arte, hasta el procesamiento de los datos por medio de técnicas de machine learning para analizar y clasificar las 29 variables consideradas en la aplicación. Este proyecto puede ser aplicable en otras universidades utilizando datos propios de los estudiantes que han desertado de cada universidad.

INTRODUCCIÓN

La deserción académica es un problema al que se enfrentan continuamente las instituciones de educación superior [1]. Esta problemática se ha abordado desde diversos enfoques y, aunque se han realizado diversas investigaciones al respecto [2-4] y el Ministerio de Educación ha impulsado proyectos tan importantes como el sistema SPADIES (Sistema para la Prevención de la Deserción de la Educación Superior), los índices de deserción en las universidades continúan siendo altos.

La mayoría de las instituciones, especialmente en el campo de educación superior, han puesto su atención en el problema de la deserción académica y sus consecuencias, centrando sus esfuerzos en generar investigaciones y estudios al respecto con el fin de disminuir la tasa de deserción

estudiantil y de comprender más a fondo esta problemática. Como consecuencia de los estudios e investigaciones realizadas, se han creado diversos programas, software o aplicaciones que ayudan a las universidades a la importante y difícil tarea de identificar los factores de riesgo que influyen en la deserción y de esta forma identificar rápidamente a los estudiantes que están en riesgo de abandonar sus estudios, para brindarles el apoyo adecuado en el momento oportuno por medio de planes de acción creados por las mismas universidades.

En el contexto de esta problemática, este proyecto de grado pretende contribuir a la investigación en el tema de deserción en instituciones de educación superior a través del uso de una técnica de inteligencia artificial conocida como Razonamiento Basado en Casos (RBC) para proporcionar una herramienta web que permita identificar estudiantes en riesgo de deserción de programas de pregrado de la Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Una de las ventajas más destacables del sistema es que el sistema fue entrenado con datos reales de más de 4000 estudiantes que han desertado entre 1998 y 2018 de todos los programas académicos de la universidad y se han considerado en total 29 variables, lo que en conjunto hace que el sistema esté adecuado al contexto propio de la universidad. En el marco del proyecto de grado se determinó el peso que tiene cada una de las 29 variables en el modelo de RBC utilizando el método Boosting en RStudio. Posteriormente se construyó el sistema de RBC en Java bajo especificación JEE5 considerando los pesos de las variables en el modelo y una aplicación web que puede ser utilizada por los directivos para evaluar el riesgo de deserción por cada estudiante o por un grupo de estudiantes de forma masiva.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según estadísticas realizadas por el Ministerio de Educación Nacional en Colombia, de cada 100 estudiantes que ingresan a una institución de educación superior solo la mitad logra terminar satisfactoriamente su carrera profesional, los demás estudiantes abandonan sus estudios por diversas razones en los primeros semestres [2]. Frente a estas preocupantes cifras, el Ministerio de Educación Nacional creó el SPADIES, una herramienta que recolecta información suministrada por diferentes instituciones de educación superior en Colombia, con el fin de identificar e informar sobre los comportamientos, causas y variables determinantes, que hacen que un estudiante abandone sus estudios académicos. Sin embargo, el sistema SPADIES no considera algunos aspectos propios de las universidades o de su contexto que podrían aportar información valiosa para identificar estudiantes que puedan estar en riesgo de deserción.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar un prototipo de aplicación web que permita identificar, a partir de algunos datos del estudiante, si está en riesgo de desertar de un programa de pregrado.

Objetivos Específicos:

- 1) Identificar un conjunto de variables que inciden en la deserción de los estudiantes universitarios a partir de investigaciones previas en el tema.



- 2) Analizar cuáles de las variables identificadas son más relevantes en cuanto a la deserción de los estudiantes de un programa de pregrado.
- 3) Definir las variables o los datos de información que se requerirán del estudiante, para ser utilizadas por la aplicación web propuesta.
- 4) Desarrollar la propuesta de aplicación web inicial, desde el diseño, arquitectura y tecnologías que permita identificar a los estudiantes en riesgo de deserción académica.
- 5) Realizar pruebas al prototipo para determinar fallos y errores que requieran ser corregidos para aumentar la exactitud de la aplicación.

■ METODOLOGÍA

La metodología de desarrollo utilizada para la implementación del software fue la metodología SCRUM. Y la metodología global del proyecto consta de siete fases:

- 1) Revisión de literatura sobre las variables que más influyen en la deserción académica y búsqueda de aplicaciones para la prevención de la deserción.
- 2) Recopilar información de los estudiantes que han desertado de la universidad. Esto permite obtener la información disponible en la universidad sobre las variables identificadas en la fase 1.
- 3) Identificar las variables que más influyen sobre la deserción académica de los estudiantes (variables predictoras) por cada uno de los programas académicos de pregrado de la universidad.
- 4) Definición del modelo de razonamiento basado en casos utilizando las variables predictoras identificadas en la fase 3.
- 5) Definición de la arquitectura del sistema, diseño del sistema y selección de tecnologías para implementación.
- 6) Implementación la aplicación web.
- 7) Pruebas de la aplicación web y evaluación cualitativa de usabilidad con usuarios directivos.

■ RESULTADOS

El resultado principal del proyecto fue la generación de la aplicación web APDK (Aplicación de Prevención de la Deserción en la Konrad). La aplicación funciona con un sistema de razonamiento basado en casos (RBC) implementado completamente en la aplicación web. El RBC es usado para la resolución de problemas inspirado en el razonamiento humano. Por lo tanto, infiere los resultados con base en los datos de los problemas resueltos con anterioridad. En este caso toma como base los datos de los estudiantes desertores de la Fundación Universitaria Konrad Lorenz, para predecir cuál es la causa posible de deserción de un estudiante activo y cuál es la probabilidad de que pueda ocurrir la deserción. Para encontrar la posible causa de

deserción junto con la probabilidad de ocurrencia, el sistema sigue una serie de pasos que serán explicados muy generalmente. El sistema está dirigido a los directivos de la universidad que sólo pueden ingresar a través de un sistema de autenticación para evaluar el riesgo de deserción de un estudiante. La aplicación también permite agregar un caso (nuevo estudiante desertor) a la base de casos del sistema de una manera sencilla y práctica mediante un formulario por medio de un archivo Excel.

Otros resultados del proyecto se resumen brevemente a continuación: en primer lugar, se identificaron las variables que más importancia tienen (variables predictoras) en la deserción académica en cada uno de los grupos de programas académicos de la universidad utilizando el método Boosting en R a partir del conjunto de datos de entrenamiento del sistema. Se obtuvo una revisión de literatura sobre las variables que influyen en la deserción académica en educación superior.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Este proyecto fue creado con la ambición de brindar una herramienta tecnológica que permita ayudar a las universidades a mitigar las consecuencias negativas que trae la deserción escolar, ofreciéndoles la posibilidad a docentes y directivos de evaluar estudiantes que puedan tener un alto nivel de riesgo de desertar y con esta información, poder crear planes de acción que ayuden a superar las dificultades que se puedan presentar en los estudiantes. La efectividad de este prototipo de aplicación web APDK depende en gran medida de con cuál la información con la que se está trabajando y de la cantidad de esta, ya que entre más información haya el modelo será más preciso.

El modelo planteado en el proyecto de grado puede ser aplicado a cualquier institución de educación superior utilizando los datos de estudiantes desertores en dichas universidades para el entrenamiento del modelo de tal forma que el sistema se adecúe al contexto de la universidad. Adicionalmente, los resultados del sistema pueden complementar la información proporcionada por el SPADIES para mejorar la toma de decisiones y actuar rápidamente cuando se detecta que un estudiante está en riesgo de deserción.

■ CONCLUSIONES

El tema de deserción académica es un tema complejo porque abarca una gran cantidad de variables las cuales pueden ser consecuencias directas de algunos factores internos o externos en la vida de una persona. Este tema se ha investigado en diferentes partes del mundo desde diferentes puntos de vista y en este proyecto el tema se abordó desde la perspectiva del Razonamiento Basado en Casos (CBR), buscando predecir si un estudiante abandona la universidad a partir de los datos históricos de estudiantes desertores en la Fundación Universitaria Konrad Lorenz.

Este prototipo es una herramienta funcional que se pone a disposición de la Fundación Universitaria Konrad Lorenz con la finalidad de ser usada por diferentes directivos de esta, para que ellos puedan evaluar que tanto riesgo tiene un estudiante de abandonar su programa académico y con estos resultados, se puedan generar alertas tempranas que puedan ayudar a aquellos estudiantes que presenten un alto nivel de riesgo de deserción por medio de la creación



e implementación de planes de acción que pueda brindar apoyo al estudiante tomando las decisiones necesarias para evitar que este deserte.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Paura and I. Arhipova, "Cause Analysis of Students' Dropout Rate in Higher Education Study Program," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 109, pp. 1282–1286, 2014.
- [2] C. Guzmán, D. Muriel, and J. Franco, *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. 2009.
- [3] S. M. Merchán and J. A. Duarte, "Analysis of Data Mining Techniques for Constructing a Predictive Model for Academic Performance," *IEEE Latin America Transactions*. vol. 14, no. 6, pp. 2783–2788, 2016.
- [4] Y. Amaya, E. Barrientos, and D. Heredia, "Student Dropout Predictive Model Using Data Mining Techniques". *IEEE Latin America Transactions*. vol. 13, no. 9, pp. 3127–3134, 2015.
- [5] C. Acosta, P. Villalobos, and L. Jiménez, "Aplicación de la minería de datos en el estudio de la deserción académica en la Konrad Lorenz" *Fundación Universitaria Konrad Lorenz*, 201.



DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO NO INVASIVO DE SIGNOS VITALES Y LOCALIZACION PARA PERROS

Victor Manuel Mina Lucumí, Alejandro Restrepo Moreno, Erika Sarria Navarro

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Semillero SELECT

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: Este proyecto cumple con la temática de Tecnologías 4.0 al agrupar en su construcción y desarrollo la programación de plataformas embebidas que, a través de sensores de respiración, ritmo cardíaco y temperatura, sumado a los módulos GPS (para la ubicación) Bluetooth y GPRS (para la comunicación local y remota), presenta una solución al problema de la tenencia saludable de mascotas permitiendo el monitorear su ubicación y los signos vitales básicos.

RESUMEN

Se desarrolló un sistema de monitoreo de signos vitales y localización para perros, integrando la instrumentación y procesamiento de señales biomédicas con monitoreo remoto, basándose en software y hardware libre y con una aplicación de celular para la interfaz con el usuario. El prototipo se conecta a GPS para el envío de las coordenadas mediante mensajes de texto, para recibir desde un dispositivo móvil la ubicación exacta del perro. El monitoreo de signos vitales utiliza sensores no invasivos para la toma de las variables del perro que se consultan cuando la mascota se encuentre en un rango de distancia cercano.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la existencia de una mascota en casa (generalmente perros o gatos) contribuye a mejorar la salud física y mental de las personas, enseñando responsabilidad a los niños y jóvenes y ofreciendo alegría al hogar. Sin embargo, en caso de pérdida, ya sea por su muerte por enfermedad o por que escapa en una salida, el grado de estrés y tristeza es muy grande.

Se ha evidenciado un incremento de perros domésticos desaparecidos y un aumento de diagnósticos tardíos de posibles enfermedades que los afectan. En el caso de las enfermedades la mascota puede que no manifieste ningún malestar evidente, dado que no hay un control diario del estado del can donde se pueda alertar la situación de posible peligro.

El proyecto nace de la iniciativa de un grupo de semilleros que encuentran el problema referido y desde el punto de vista de la ingeniería electrónica deciden presentar un prototipo solución.



Inicialmente se centraron en investigar cuales eran los parámetros vitales de los perros (frecuencia cardiaca, temperatura y frecuencia respiratoria) para luego seleccionar los sensores no invasivos más adecuados y que pudieran ser efectivamente ubicados en las mascotas. Posteriormente la selección de los sistemas de comunicación a utilizar genera preguntas sobre el costo del servicio vs. el alcance necesario para que el sistema ofrezca una solución relevante.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se observa un gran crecimiento en la adopción de canes, que se ha vuelto una tendencia en el mundo y ha cambiado la relación humano-mascota. Sin embargo, el principal problema que se sigue produciendo es el ingreso de canes domésticos a la población callejera, algunos de ellos resultado del extravío de las mascotas y la incapacidad que tienen sus dueños de recuperarlos.

Adicionalmente las constantes vitales y sus valores normales en los perros son prácticamente desconocidas por sus dueños, que sin saberlo pierden la posibilidad de prevenir ciertas enfermedades o detectarlas en sus primeras fases de desarrollo.

■ OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un prototipo para un sistema de monitoreo de signos vitales y localización para canes.

Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros funcionales de variables físicas en el cuerpo del canino.
- Investigar el funcionamiento de sensores no invasivos, dispositivos de comunicación y dispositivos de localización que podrían ser utilizados en los caninos.
- Diseñar el sistema embebido y el sistema de medida adecuado para el prototipo Implementar el método de localización del can.
- Construir la aplicación para la comunicación entre el dispositivo móvil y el sistema embebido.

■ METODOLOGÍA

Este proyecto es una investigación tecnológica aplicada que desarrollará un sistema de localización y monitoreo de signos vitales en los caninos. Debido a los procesos y sistemas con el que se desarrollará, se requiere de una búsqueda de tecnologías que se encuentren en el mercado y permitan una construcción económica y de mayor accesibilidad.

El desarrollo del proyecto entonces se dividió en las siguientes etapas a desarrollar:

Fase 1: (Análisis) Investigar el funcionamiento de sensores no invasivos, dispositivos de comunicación y dispositivos de localización que podrían ser utilizados en los caninos, Realizar

búsqueda bibliográfica sobre los sistemas de monitoreo canino y establecer los parámetros funcionales de variables físicas en el cuerpo del canino.

Fase 2: (Diseño) Diseñar el sistema embebido y el sistema de medida más adecuado para el prototipo.

Fase 3: (Desarrollo) Desarrollar el método de localización del can. Y la Construcción de la aplicación para la comunicación entre el dispositivo móvil y el sistema embebido.

Fase 4: (Ensamblaje) Armar prototipo de monitoreo que transmita los signos y localización al canino. Y validar el funcionamiento del sistema.

Fase 5: (Divulgación) Generar el informe final de la investigación y en participar en eventos de divulgación como el Encuentro de semilleros.

■ RESULTADOS

El prototipo construido en el perro se compone 3 secciones:

- **El arnés:** Se encarga de sujetarse el cuerpo del perro, cuenta con el sensor piezoeléctrico ubicado en la banda que sujeta el pecho del can, en la parte superior se encuentra una banda elástica la cual sujeta el sistema de control (segunda sección) e incluye un ojal para poner una cadena y pasear la mascota.
- **Sistema de control:** Se compone por un morral en el cual se encuentra alojado todo el circuito, este cuenta con un cierre el cual permite el acceso a la batería, orificios para la conexión de los sensores y la antena del módulo SIM se encuentra en la parte externa.
- **Sensores:** Después de tener instalado las secciones anteriores en el perro se pueden conectar los sensores de respiración, ritmo cardiaco y temperatura, estos permiten hacer mediciones solo cuando están conectados y ubicados en el perro.

En cuanto a la aplicación desarrollada, esta permite la revisión de la ubicación a larga distancia (a través de la comunicación GSM) y de los signos vitales (a través de bluetooth)

Consideraciones adicionales abarcan desde el tamaño, peso y diseño del sistema para permitir que un perro lo porte sin molestia, como la disminución al mínimo del consumo de potencia y el almacenamiento separado de los datos de cada una de las mascotas supervisadas en caso de poseer más de una.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El prototipo de monitoreo no invasivo de signos vitales y localización para perros se generó inicialmente desde el semillero de electrónica, dirigido hacia los dueños de mascotas en el municipio de Jamundí, aunque en el desarrollo de la investigación se evidenció que cualquier dueño de mascota sería un potencial usuario. A nivel académico, está pensado como una respuesta a la avalancha de dispositivos IoT que inunda el mercado nacional, y que como idea innovadora permite integrar las tecnologías 4.0 a la cotidianidad.



■ CONCLUSIONES

- Al establecer los parámetros funcionales de variables físicas en el perro se realizaron investigaciones con respecto a qué constantes físicas se pueden medir para entregar información fiable sobre el estado de salud del can. Entre las constantes se encuentran Ritmo cardiaco, Respiración y temperatura.
- Con respecto al funcionamiento de sensores no invasivos usados para obtener información de los SV se encontró que no todos los sensores pueden realizar una correcta medición, ya que el can cuenta con el pelaje el cual sirve de protección de la piel y por tanto es fundamental la correcta selección y ubicación del sensor en el perro.
- Cuando se realizan las mediciones por medio del prototipo se notó que los datos debían ser entregados al usuario de forma inmediata y constante, esto permitió hacer uso de la tecnología de comunicación inalámbrica Bluetooth, permitiendo comunicar los dispositivos a corta distancia y es esencial para entregar información al propietario del estado del can, teniendo presente que esta tecnología no es costosa y es accesible por cualquier tipo de dispositivo móvil.
- En cuanto a la localización del perro, el módulo GPS-NEO 6M es de fácil implementación, pequeño tamaño y peso, además de entregar las coordenadas correctas con la precisión necesaria para este tipo de ubicaciones.
- El arnés se construyó con una serie de características que permitieran al perro dar movilidad a sus patas y cuello, además de entregar comodidad y evitar la fricción constante, esto evita que el perro se disguste, estrese o fatigue cuando lo está usando. Al tener una banda elástica en su zona superior permite quitar o poner el controlador y así poder mojar el arnés con facilidad.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Parreño, C. A. (2016). *Diseño e implementación de un sistema cliente-servidor para el envío de posición y signos vitales de mascotas sobre dispositivos móviles en la plataforma Android*. Sangolqui.
- Arandia C., V., & Bertrand N., P. (2012). *Mecanismos Fisiopatológicos de Taquipnea*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Arriarán, S. S. (2015). *Todo sobre sistemas embebidos*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Aspinall, V. (2013). *Manual completo de la enfermería veterinaria*. Gloucester, United Kingdom: Paidotribo.
- Carrera, J. F. (2016). *Análisis de factibilidad técnica y de viabilidad comercial de dispositivos para la localización de mascotas caninas mediante el uso de tecnología GPS en distrito metropolitano de Quito*. Quito.

- Cunningham, J. G., & Klein, B. G. (2009). *Fisiología Veterinaria cuarta edicion*. Barcelona: Elsevier.
- Dantas, A., Neri, H., & Takahashi, E. (2015). *Cinta de expansión torácica utilizando Arduino aplicado en la fisioterapia respiratoria*. Uberlândia.
- De la Quintana Illanes, M. M. (2016). *Modelo de control y Diagnóstico de enfermedades cardiovasculares*. la paz: Universidad Mayor de San Andres.
- Duran, E. I. (2015). *Diseño y elaboración de un prototipo de monitor de signos vitales aplicando metodos no invasivos con comunicacion de datos a dispositivos moviles*. Cuenca - Ecuador.
- Eldredge, D. (2007). *Dog owners' home veterinary handbook*. Wiley Publishing Inc.
- Garcia, F., Marín, L., Mayugo, S., Serra, M., & Frisas, E. (1996). *La pulsioximetria en el perro. Estudio clínico*. Barcelona: Unitat de Cirurgia. Facultat de Veterinària. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gomez Herrera, M., Torres Torres, C., Trejo Valdez, M., & Urriolagoitia Sosa, G. (2011). *Identificación de la Frecuencia Respiratoria por Medio de un sistema optoeléctrico*. Jalisco.
- Gonzales Mejia, C., & Rodrigez Sarmiento, L. (2017). *Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de señales biométricas utilizando requerimientos de IoT*. Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- König, H. E., & Liebich, H.-G. (2012). *Anatomía de los animales domésticos Tomo 2*. Medica Panamericana.
- León, D. C. (2008). *Proyecto, diseño y construcción de una plataforma de telemedicina para el monitoreo de bioseñales*. Colciencias.
- Melexis. (2009). *MLX90614 family, Single and Dual Zone, Infra Red Thermometer in TO-39*. microelectronic integrated Systems.
- Monk, S. (2011). *Arduino+Android - Projects for the Evil Genius*. TAB make great stuff.
- Montero, K. M. (2015). *Diseño de un sistema no invasivo de medición de la temperatura corporal interna*. Barcelona: Universitat Politecnica de catalunya.
- Pardo, E. (2011). *Desarrollo de una aplicación con geolocalización para Android*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Villegas Gonzales, J., Villegas Arenas, O. A., & Villegas Gonzales, V. (2012). *Simeología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente*. Redalyc, 221-240.
- Y. Bedoya Giraldo, C. F. Salazar Giraldo, & y J. F. Muñoz Lozano. (2013). *Implementacion, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS*. Pereira.



SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL APOYO DE LA REHABILITACIÓN DEL HOMBRO (MANGUITO ROTADOR)

Juan Sebastian Henao Alviz, David Lizardo Lopez Ceballos

Institución Universitaria Antonio José Camacho UNIAJC

Semillero de investigación SELECT

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: Dentro de las problemáticas relevantes que presentan las ciudades en términos de competitividad esta la salud, la educación y la dinámica empresarial; las cuales para el entorno en que se desarrolló este trabajo (Santiago de Cali), se habla de indicadores promedio de 5 puntos sobre 10. Por esta razón se ha buscado soluciones como la que se presenta a continuación, que a través de la adaptabilidad tecnológica y empleo de recursos más eficientes como es el IoT y la OTT se logre el análisis de datos que permitan mejorar la efectividad en actores como son: paciente, fisioterapeuta y fisioterapeuta en formación.

RESUMEN

El proyecto consiste en un prototipo de sistema de reconocimiento de patrones que junto con la telerehabilitación está pensado para poder brindar apoyo a fisioterapeutas en la recuperación de lesiones del Manguito rotador. Para lograr esto se desarrollaron aplicaciones de software y hardware que permitieron tomar y analizar los datos de los movimientos del hombro realizados por los pacientes, para ser almacenados y posteriormente visualizados por el fisioterapeuta, garantizando de esta manera que este desarrollo pueda llegar a ser una herramienta de apoyo en las terapias realizadas a distancia y en el mejoramiento del sector de la salud gracias a la calidad de la experiencia y la evolución de la tecnología 4.0.

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo investigaciones en distintas ramas del conocimiento, principalmente en Fisioterapia e Ingeniería Electrónica, con el objetivo de comprender desde un punto de vista multidisciplinario, el efecto que puede tener un sistema de reconocimiento de patrones y telerehabilitación en los procesos de rehabilitación de un paciente, en este caso, con lesiones en manguito rotador que afectan el movimiento del hombro.

La investigación relacionada con fisioterapia se realizó en 2 etapas, la primera consiste en profundizar el conocimiento anatómico del complejo articular del hombro, desde su composición en cuanto a músculos y articulaciones, hasta sus distintos movimientos y ejes. La segunda etapa

se centra en analizar las características de una sesión de fisioterapia e identificar las variables y conceptos de mayor relevancia para el fisioterapeuta a la hora de evaluar al paciente.

Teniendo en cuenta el conocimiento obtenido de la investigación anterior se procedió a indagar los tipos de tecnologías tanto desde el apartado de hardware como de software que más se ajustasen a los requerimientos de una sesión de fisioterapia.

Después de los datos obtenidos en la etapa de investigación, en el documento puede encontrarse el desarrollo e implementación de 2 programas, el primero realizado en el software Lónic, donde se desarrolló una aplicación clínica, en la cual interactúan 3 usuarios (paciente, fisioterapeuta y administrador) dichas interacciones se llevan a cabo gracias a herramientas propias de cada usuario las cuales dan lugar a procesos administrativos y de telerehabilitación. El segundo programa, fue realizado en Python, donde se desarrolló una aplicación de reconocimiento de patrones, la cual permite detectar los movimientos del brazo del paciente gracias a un algoritmo de detección de colores el cual se basa en la teoría del HSV. Los movimientos detectados por la cámara son analizados por medio del Coeficiente de Pearson, el cual permite comparar grupos de datos 'X' y 'Y', entre sí; para ver la relación entre unos y otros, reconociendo un promedio en el comportamiento del movimiento del hombro de una persona lesionada, para que así el fisioterapeuta posea más información que le ayude a la hora de tomar decisiones durante la terapia.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Entre las articulaciones del cuerpo, el hombro, es una de las que presenta mayor complejidad en el proceso de rehabilitación debido a que es una de las articulaciones de mayor movilidad. Dentro de las afecciones que puede sufrir, se encuentra el Síndrome del Manguito Rotador (SMR), que según (Agudelo, 2014) "el SMR, sumado a las otras lesiones músculo-esqueléticas, corresponde al 82% de diagnósticos más frecuentes en enfermedad laboral". Las personas que han tenido problemas en el proceso de rehabilitación del MR, llegan a tener un incremento del periodo de tiempo de recuperación, presentando restricciones en sus movimientos, afectando su calidad de vida y productividad laboral.

■ OBJETIVOS

Objetivo general:

Desarrollar un sistema de reconocimiento de patrones que permita el apoyo, por medio de tele-rehabilitación, a procesos de rehabilitación en un paciente que presente lesión del manguito rotador.

Objetivos específicos:

- Construir un estado del arte de los sistemas de tele-rehabilitación y reconocimientos orientados a miembros superiores.
- Identificar movimientos utilizados en la rehabilitación del Manguito Rotador (MR).



- Determinar las técnicas a utilizar para el reconocimiento de patrones de movimiento del hombro.
- Diseñar un prototipo de validación de los movimientos de rehabilitación del MR que se articule a un sistema de telerehabilitación.

■ METODOLOGÍA

Este proyecto es de carácter exploratorio por su amplia investigación dejando resultados para futuros desarrollos. Es de tipo experimental ya que se realizaron diferentes pruebas a cada etapa del proyecto garantizando que los objetivos se hayan cumplido. Se maneja ingeniería aplicada debido a que se aplicaron varias áreas de conocimiento estudiadas a lo largo de la carrera para poder enlazar las diferentes tecnologías de estudio junto al problema planteado y la solución propuesta.

Se utilizó Metodología de Software RUP y XP.

El proyecto se trabajó en 2 etapas importantes. La primera etapa consiste en el desarrollo de la aplicación en Python y la segunda etapa en el desarrollo de la App de telerehabilitación.

- **Aplicación de reconocimiento:** Para poder desarrollar el sistema de reconocimiento, primero se enfocó en diseñar una arquitectura tanto de hardware como de software que permita tomar información del desplazamiento del brazo al realizar los movimientos de flexión y abducción por medio de una cámara web. Luego, el trabajo fue orientado al desarrollo de una aplicación que realiza el reconocimiento del movimiento del brazo, utilizando el método de HSV, que permite la detección del color azul para así obtener datos del desplazamiento, con los cuales son graficados los movimientos realizados por el paciente.

Para tomar estos datos, primero se deben tener unas condiciones ideales del ambiente, las cuales garanticen un buen reconocimiento del movimiento. Estas son:

1. Iluminación.
2. Distancia entre el paciente y la cámara.
3. Conexión a internet (para subir la información a la base de datos).
4. Guante.

Una vez tomados los datos de los movimientos, estos se introducen en la ecuación del Coeficiente de Correlación de Pearson, con la cual se realiza los cálculos pertinentes para el análisis del paciente.

Para poder manejar las distintas funciones mencionadas se desarrolló un menú con el cual el usuario puede interactuar a la hora de realizar la terapia. Todo esto con la finalidad de tener un sistema de reconocimiento que permita detectar, de manera eficiente, los movimientos de un paciente con lesión de hombro (manguito rotador).

- **App de Telerehabilitación en IONIC:** Para desarrollar una aplicación que brinde servicios de tele rehabilitación en conjunto con un sistema de reconocimiento de patrones, es necesario definir los siguientes requerimientos de software:
 - Se debe implementar la opción de inicio de sesión para pacientes y terapeutas.
 - El terapeuta debe de poder visualizar el perfil del paciente para poder programar y agregar el tipo de terapias que se van a realizar, las cuales deben de ser visibles para paciente y terapeuta a través de la página web.
 - Debe de ser posible que el paciente inicie un programa de reconocimiento que le permita al terapeuta obtener datos más precisos de la ejecución de las terapias por parte del paciente.
 - Es necesario que haya un canal de comunicación entre pacientes y terapeutas con la ayuda de un chat.
 - Es necesario que se genere un reporte con los resultados de la terapia, para que pueda haber un seguimiento del progreso del paciente a través de las sesiones de rehabilitación, el cual debe ser visible para el terapeuta desde la página web.

Con base en estas características se definen los requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la arquitectura de software enfocada a la asistencia a distancia de la rehabilitación del síndrome del manguito rotador por medio del reconocimiento de patrones de movimiento del hombro.

■ RESULTADOS

Las pruebas pertinentes con el sistema determinaron que las condiciones ideales se cumplieran, las cuales son: distancia entre cámara y paciente, iluminación, conexión a internet, guante.

El programa de adquisición realizado en Python, permite tomar los datos de forma confiable del movimiento del hombro del paciente (flexión), y generar las gráficas correspondientes a dicho movimiento, así como el resultado matemático de comparar su movimiento con el grupo de pacientes sanos (según su edad).

La arquitectura de software desarrollada, permite que la información sea enviada a la base de datos, con la finalidad de poder ser observada desde la aplicación del fisioterapeuta y poder tomar decisiones con el paciente.

Las apps desarrolladas en el programa IONIC 3, funcionaron de manera correcta. En la App del paciente, se pudo iniciar y finalizar el programa de adquisición de datos de Python, tomando estos eficientemente, además de logra por medio del chat una conversación con el fisioterapeuta. En la App del fisioterapeuta se logró visualizar la información tomada por el programa de Python, desde la sección del historial del paciente que desea observar.



■ CAMPO DE APLICACIÓN

Este proyecto presenta varios escenarios de aplicación dentro de los cuales se destacan dos de forma inmediata. En primera instancia, brindar un apoyo a los fisioterapeutas, a través del análisis de datos gracias a la implementación de las tecnologías 4.0, que permitan llevar los escenarios de rehabilitación a sitios en los cuales la distancia impiden que los pacientes puedan recibir un adecuado tratamiento. Y por otro parte los resultados de este trabajo serán empleados para el proceso de caracterización que requiere una investigación macro, avalada por la decanatura de investigación de la UNIAJC y que está orientada al mejoramiento de la competitividad ciudadana a través de la formación ubicua.

■ CONCLUSIONES

- Gracias a la investigación sobre la anatomía del hombro, se determinó que son muchos los movimientos que puede realizar este y como son utilizados en la rehabilitación, de esta manera se pudo determinar que el más conveniente fue el “movimiento de flexión” para el desarrollo del proyecto.
- Se pudo determinar las técnicas para el reconocimiento de patrones del movimiento, gracias al método de HSV, el coeficiente de Pearson y su ejecución, los cuales permitieron tomar los datos del movimiento de flexión de los pacientes junto con su análisis pertinente.
- Al finalizar el trabajo, se logró desarrollar un prototipo de un sistema de adquisición de datos el cual permite apoyar la rehabilitación del manguito rotador, porque logra tomar datos provenientes del movimiento del brazo de un paciente y con ellos, realizar un análisis para la toma de decisiones del terapeuta hacia el paciente.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, M. L. (Diciembre de 2014). Caracterización sociodemográfica, epidemiológica y médico-clínica de los casos de Síndrome del Manguito Rotador calificados como de origen laboral por la Junta Nacional de Calificación de invalidez entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2013. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- Callejas-Cuervo, M., Vélez-Guerrero, M. A., Ruíz-Olaya, A. F., & Gutiérrez, R. M. (2015). Architecture proposal for a support system to upper limb telerehabilitation by capturing biomechanical signals. Facultad de Ingeniería .
- Carrasco Ochoa, A. J., & Martínez Trinidad, J. F. (2011). Reconocimiento de patrones. *Komputer Sapiens*, 5-32.
- Chumbler, N. R., Quigley, P., Li, X., Morey, M., Sanford, J., Griffiths, P., & Hoenig, H. (2017). Effects of Telerehabilitation on Physical Function and Disability for Stroke Patients: A Randomized Control Trial. *Stroke*, 2168-2174.



SAPIENS: SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS PARA ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Leonard Stuart Burgos Jiménez, William Felipe Forero Velasco, Andrés Felipe Chía Ávila, Moisés David Rojas Henao, Carlos Andrés Saldarriaga Montiel

Pontificia Universidad Javeriana

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: El proyecto se postuló bajo la temática “tecnologías 4.0” debido al uso de inteligencia artificial y análisis de datos para detección de situaciones de riesgo que comprometan el éxito estudiantil, que pueden llevar al abandono o a la deserción del programa académico durante los primeros semestres de la carrera. Los resultados obtenidos de este análisis pueden llevar a soluciones que permitan mitigar estos riesgos y servir como punto de partida para investigaciones posteriores que expandan la validez de estos resultados a una mayor cantidad de instituciones y programas académicos.

■ RESUMEN

Uno de los temas que más preocupa a las instituciones de educación superior es la detección temprana de situaciones que comprometan el éxito estudiantil. El objetivo de este trabajo de grado es el de dar apoyo a directores, consejeros y demás personas involucradas en el aspecto estudiantil, en el manejo de situaciones de riesgo que presentan estudiantes del primer año de los diferentes programas de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana.

■ INTRODUCCIÓN

A lo largo de este documento se da a conocer el proceso elaborado por el grupo de trabajo MOI-SAT, para la elaboración de SAPIENS, sistema de información cuyo propósito es el de dar apoyo a directores, consejeros y demás personas involucradas en el aspecto estudiantil, en el manejo de situaciones de riesgo en estudiantes de primer año de los diferentes programas de la facultad de Ingeniería.

Descripción del problema:

Tanto en la etapa de transición del ambiente escolar al universitario, como a lo largo de su carrera, al estudiante se le puede presentar una serie de dificultades que pueden llegar a comprometer sus estudios.



Estudios elaborados por el Ministerio de Educación Nacional han identificado que factores de carácter individual, institucional, académico y socioeconómico, influyen en el desarrollo educativo de los estudiantes, evidenciándose las siguientes cifras significativas a nivel nacional: alrededor del 37% de los estudiantes de programas de pregrado abandonan sus estudios durante el primer semestre académico, 16% en el segundo y 11% en el tercero.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar y elaborar un prototipo funcional de un sistema de alertas tempranas enfocado en la detección de riesgos académicos en estudiantes de primer año de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana.

Objetivos Específicos:

- Desarrollar un prototipo funcional bajo el modelo de ciclo de vida DAD integrando estrategias de los modelos RUP y CRISP-DM.
- Verificar y validar el prototipo por medio de la evaluación de indicadores institucionales tales como cobertura a estudiantes en situación de riesgo y la detección de riesgos que impacten el éxito estudiantil, los cuales no se manejaban con anterioridad.
- Diseñar un software que integre el manejo de información, tanto activa como pasiva, para generar alertas por riesgos académicos.

■ METODOLOGÍA

Se implementaron diferentes metodologías, las cuales fueron:

- DAD (Disciplined Agile Delivery), el cual expone las etapas en las que se debe dividir un proyecto de software, así como las principales actividades a desarrollar en cada una de ellas. Dichas etapas son: concepción, construcción y despliegue. Cabe resaltar que, al ser un proyecto académico, no se alcanzará a llevar a etapa de despliegue el sistema, razón por la cual esta se sustituye por una fase de pruebas y validación.
- RUP, la cual ofrece una serie de principios que se adaptan al alcance del proyecto y al modelo de ciclo de vida base, esto último debido a que ambas metodologías (tanto DAD como RUP) consisten en un proceso iterativo e incremental.
- CRISP-DM, la cual se tuvo en consideración debido a que define de manera clara y concisa los pasos a elaborar en un proceso de minería de datos y detección de patrones por medio de la elaboración de diversas técnicas de inteligencia artificial.

■ RESULTADOS

Se realizaron pruebas del sistema, de rendimiento y de análisis de varianza al sistema Sapiens.

Para las pruebas de sistema, se hicieron pruebas unitarias y pruebas de usabilidad; las pruebas unitarias se aplicaron a aquellas funcionalidades más relevantes del sistema, tales como: iniciar sesión, enviar correos, escalar caso de estudiante, generación de alertas por predicción, búsqueda de alertas por demandas, notificar situación de riesgo desde “Profesor”, entre otros; las cuales salieron satisfactorias. Para las pruebas de usabilidad se planteó un cuestionario por cada uno de los usuarios finales del sistema (estudiante, profesor, director y consejero) y elaborar las respectivas correcciones

antes de elaborar el despliegue final del sistema. En términos generales, hubo una muy buena percepción del sistema en cuanto a facilidad de uso e integración de las funciones ofrecidas por este.

Para las pruebas de rendimiento módulo de inteligencia artificial, se realizó una matriz de conflicto por cada modelo de inteligencia artificial que conforman al agente académico.

Modelo de predicción	Número de datos usados en la prueba	Capacidad predictora del modelo
Ingeniería de sistemas	89	89,89%
Ingeniería industrial	92	80,43%
Ingeniería Civil	49	87,76%
Ingeniería electrónica	38	84,21%

Para las pruebas de análisis de varianza se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1) Resultados en el componente de matemáticas en la prueba de estado Saber 11: Para la carrera de ingeniería industrial, las personas que tuvieron malos resultados en el módulo de matemáticas tienden a presentar bajo desempeño académico durante sus primeros semestres de estudio.
- 2) Resultados en el componente de lectura crítica en la prueba de estado Saber 11: Para la carrera de ingeniería electrónica, los estudiantes que tuvieron un desempeño bajo en el componente de lectura crítica tienden a presentar problemas a nivel académico en el primer año de estudios.
- 3) Género del estudiante: En ingeniería industrial, durante el primer año de estudio, las mujeres tienden a presentar promedios mucho más elevados en comparación con el obtenido por los hombres.

CAMPO DE APLICACIÓN

Cualquier institución educativa que esté interesada en hacer un seguimiento de las alertas producidas por demanda, o identificadas por algún miembro de la comunidad educativa puede hacer uso del sistema. La predicción de alertas se hizo basada en los resultados obtenidos de un modelo independiente por cada programa, ya que los resultados obtenidos de un modelo solo son válidos para sus respectivos programas. Para que otras instituciones educativas hagan uso de esta herramienta deberán generar sus propios modelos y contar con la información utilizada para entrenarlas, en este caso los resultados del Saber 11 y los promedios académicos de los estudiantes.



■ CONCLUSIONES

- 1) Para el desarrollo del sistema de alertas tempranas SATIS (sistema a implementar por la Pontificia Universidad Javeriana), se pueden llegar a integrar funcionalidades implementadas en el sistema Sapiens que no habían sido contempladas en un principio.
- 2) Los sistemas de información son una herramienta valiosa a la hora de brindar apoyo en los procesos de negocio.
- 3) Sapiens brinda mecanismos para dar manejo a las situaciones de riesgo que se producen en una de las ramas del conocimiento que a nivel nacional presenta altos índices de deserción durante los primeros años de estudio.
- 4) Al garantizar el éxito estudiantil mediante el manejo temprano de situaciones de alerta, Sapiens permite que los estudiantes no pierdan los recursos económicos que implica el abandonar sus estudios universitarios e integrarse a otra institución de educación superior.

■ BIBLIOGRAFÍA

- 1) Introduction to Disciplined Agile Delivery (DAD). (2012, November 11). Retrieved April 10, 2018, from <http://www.disciplinedagiledelivery.com/introduction-to-dad/>
- 2) Lines, M. (2013) The Disciplined Agile (DA) Framework. Retrieved from <http://www.disciplinedagiledelivery.com/introduction-to-dad/>
- 3) CRISP-DM. 2018. La metodología para poner orden en los proyectos de Data Science. Retrieved April 10, 2018, from <https://data.sngular.team/es/art/25/crisp-dm-la-metodologia-para-poner-orden-en-los-proyectos-de-data-science>
- 4) Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>.
- 5) INSCRITOS EN EDUCACIÓN SUPERIOR - COLOMBIA 2016. (2016). [Reporte] Ministerio de Educación Nacional, Bogotá
- 6) RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, J.J. (2008) La deserción escolar universitaria en México. La experiencia de la Universidad Autónoma Metropolitana Campus Iztapalapa. México.
- 7) Guzmán, C., Durán, D., Franco, J., Castaño, E., Gallón, S., Gómez, K., & Vásquez, J. (2009). Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención. Ministerio de Educación Nacional. Colombia.
- 8) Páramo, G. Jaime, & Correa, C. A. (n.d.). Deserción estudiantil universitaria. Conceptualización | Revista Universidad EAFIT. Retrieved March 9, 2018, from <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1075>



EMULADOR DE UN PANEL SOLAR CONSIDERANDO IRRADIANCIA Y TEMPERATURA

Autor: Ing. Jhonatan José Rodríguez Rodríguez

Director: Gabriel Perilla Galindo, Msc.

Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C.

Temática: Energía

Justificación de temática: El proyecto se postuló a la temática de Energía debido a que fomenta y refuerza nuestra lucha contra el cambio climático y aporta a la disminución de los gases de efecto invernadero diseñando e implementado circuitos como convertidores de potencia (Cargadores, Inversores, etc) que funcionen con energías renovables, en este caso, energía solar fotovoltaica, para de esta manera incentivar la industria nacional y poder suministrar energía en Zonas no Interconectadas aprovechando las fuentes renovables y disminuyendo el uso de combustibles fósiles.

RESUMEN

Con el proyecto se logró construir con componentes de fácil consecución en el mercado local un equipo económico que tiene un comportamiento similar al de un panel solar desde el punto de vista de las características de voltaje-corriente, con condiciones controladas mediante una interfaz hombre-máquina. Con este equipo, cualquier estudiante de Ingeniería Electrónica podrá desarrollar convertidores de potencia que funcionen con energía solar fotovoltaica, programando los valores de irradiancia y temperatura, en cualquier momento del día y sin importar la condición climática para así fomentar la investigación y hacer una contribución tangible a la lucha contra el cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el cambio climático es uno de los mayores desafíos de nuestra época, ya que amenaza la producción de alimentos, el aumento del nivel del mar y cambios en la temperatura que desencadenan eventos catastróficos. El principal causante del cambio climático son los gases de efecto invernadero (GEI). En la 21ª Conferencia en París, las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático alcanzaron un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático [1].

Dentro de las acciones acordadas para disminuir los efectos de los GEI, se encuentra disminuir la quema de combustibles fósiles, que actualmente son la principal fuente de generación de energía eléctrica mundial, debido a la gran contaminación que esto genera. Se debe sustituir su uso por recursos renovables para la generación de energía eléctrica. Hoy en día el uso de



las energías renovables, especialmente la energía solar fotovoltaica está en constante desarrollo teniendo un crecimiento exponencial en los últimos años, llegando a aportar alrededor del 2.1% de la demanda mundial en 2017 [2]. Para seguir estimulando el uso de energías renovables, se deben crear más circuitos que funcionen con energía solar fotovoltaica.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día el uso de las energías alternativas está aumentando, especialmente la energía fotovoltaica. El principal problema que se tiene respecto a crear circuitos electrónicos que funcionen con paneles solares, es que solo se pueden probar durante unas horas del día, causando así que no se pueda trabajar con unos parámetros controlados, como la irradiancia y la temperatura. Aunque ya se han implementado soluciones a este problema como fuentes de poder DC programables, estas soluciones son muy costosas.

■ OBJETIVOS

- Diseñar e implementar un circuito que emule la curva Corriente-Voltaje de un panel solar, con condiciones de irradiancia y temperatura preestablecidas por el usuario.
- Obtener los parámetros del punto de máxima potencia, voltaje en circuito abierto y corriente de corto circuito en función de la irradiancia y la temperatura.
- Elaborar las curvas I-V del panel ECODELTA ED50-6M, a partir de los parámetros dados por el fabricante: $I_{sc}=3.04$ A, $V_{oc}=22.4$ V, $V_{pmp}=17.4$ V, $I_{pmp}=2.85$ A
- Diseñar un convertidor para que actúe como un emulador del panel solar ECODELTA ED50-6M.
- Implementar el emulador del panel solar ECODELTA ED50-6M.
- Contrastar la curva I-V del panel solar ECODELTA ED50-6M con el comportamiento del emulador implementado.

■ METODOLOGÍA

El presente trabajo de grado se dividió en cuatro fases, que a continuación, se definen:

FASE 1 (Parámetros del panel): En esta fase por medio de los parámetros dados por el fabricante se obtuvieron las curvas I-V del panel solar ECODELTA ED50-6M en función de la irradiancia y temperatura. Como las especificaciones son dadas bajo condiciones estándar de medida (STC): 1000 W/m², Am 1.5, Temperatura de celda 25° C, Se calcularon los valores de I_{sc} , V_{oc} , V_{pmp} , I_{pmp} , en función de la irradiancia y temperatura, utilizando los coeficientes de temperatura dados por el fabricante: $\alpha = 0.06\%$, $\beta = -0.32\%$ y coeficiente de temperatura de $P_{MP} = -0.45\%$.

El modelo del panel se muestra en la figura 1. Para conocer los valores de R_s , R_p , m , I_L , necesarios para elaborar las gráficas I-V del panel se trabajó con el bloque "PV Array" que ofrece la librería

de Simulink Matlab el cual nos permite modelar una variedad de paneles fotovoltaicos definidos por el usuario. En este caso ingresando los parámetros de I_{SC} , V_{OC} , V_{PMP} , β , α , el software calcula los valores que cumplen con estas características. Los valores obtenidos fueron: $R_s = 0.86108$, $R_p = 266.5304$, $m = 0.94746$, $I_L = 3.0766$

FASE 2 (Diseño): En esta fase se diseñaron la etapa de potencia y el circuito de alimentación del emulador del panel solar. El diagrama en bloques del emulador se muestra en la Figura 1.

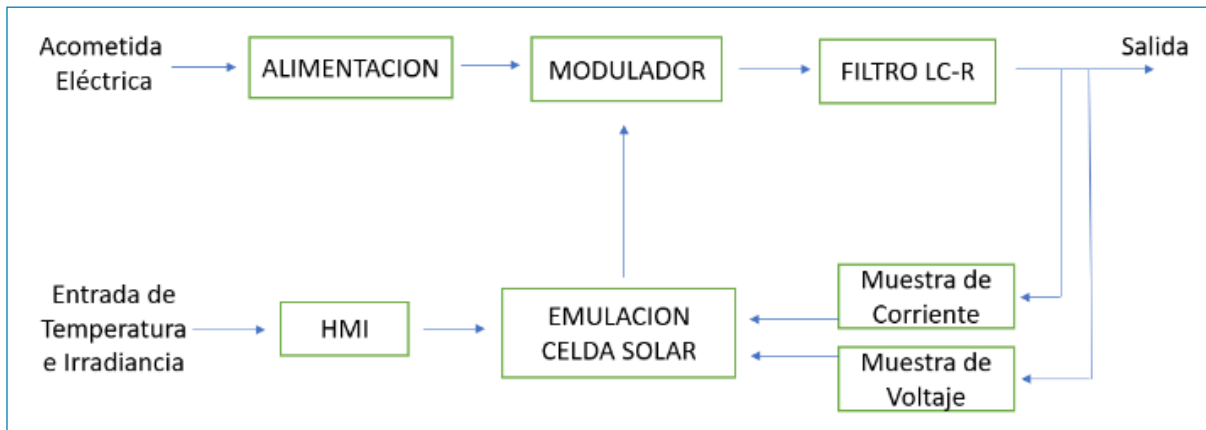


Figura 1. Diagrama en Bloques del Emulador

- Alimentación:** En la Figura 2 se puede observar el circuito de alimentación, en el cual la acometida eléctrica pasa por un transformador con relación 12:5, el cual disminuye el voltaje de $120 V_{RMS}$ a $50 V_{RMS}$, para luego rectificarlo con el puente KBL406, y filtrarlo con un circuito L-C el cual entrega $45 V_{DC}$ que alimentan la etapa de potencia, mientras que para la alimentación de los circuitos integrados se usaron dos reguladores de 12 V y 5 V.

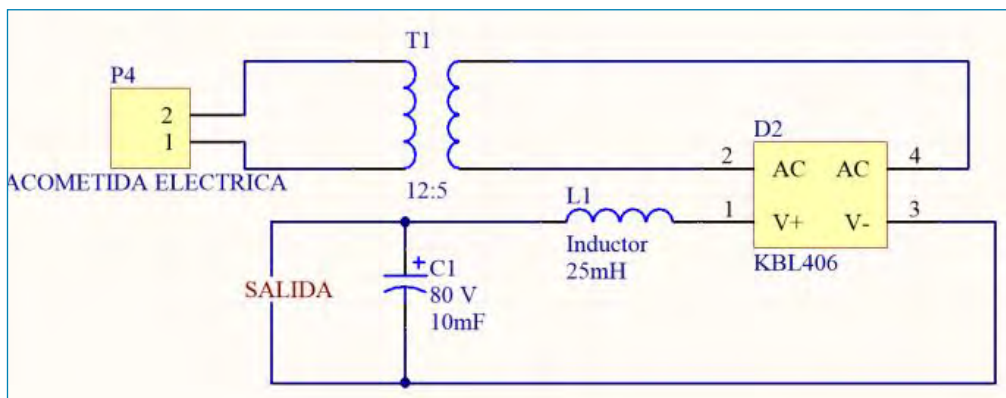


Figura 2 Esquemático Circuito de Alimentación

- Modulador:** Este bloque mostrado en la Figura 3 está compuesto por dos comparadores LM319 que al comparar una señal triangular de 50 kHz con la señal moduladora producen las señales de control para el driver IR2110 el cual suministra las señales a las compuertas de los mosfet Q5 y Q6. Para evitar conducción simultánea de los mosfet se agregó un circuito que genera tiempos muertos de aproximadamente 300 ns. En el driver IR2110 se utiliza el shutdown para que los mosfets tengan un arranque controlado o que el driver se



apague cuando circule por estos una corriente de 6 A. Los mosfets usados en el diseño fueron IRF540N que tienen una resistencia de encendido de 77 mΩ y tensión de ruptura de 100 V.

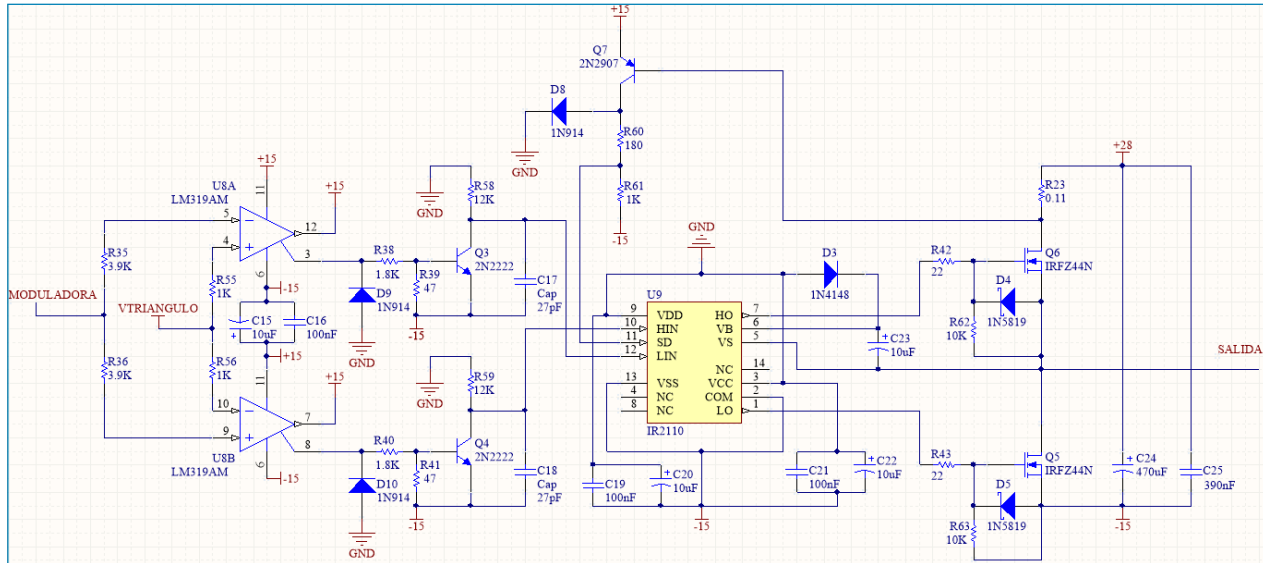


Figura 1. Esquemático del bloque modulador.

Para generar la señal triángulo se utiliza un amplificador operacional dual de transconductancia LM13700, y se elige una frecuencia de conmutación de 50 kHz, este operacional genera una señal triangular. Teniendo en cuenta las especificaciones del integrado diseñamos la configuración mostrada en la Figura 4, la cual genera una señal triángulo de 2.5 V de amplitud, frecuencia 50 kHz. Debido a que la señal triángulo que genera el OTA está de -2.5 a 2.5, fue necesario colocar un sumador inversor para sumar un offset de 2.5 V y lograr que la señal triángulo de salida se encuentre entre 0 y 5 V.

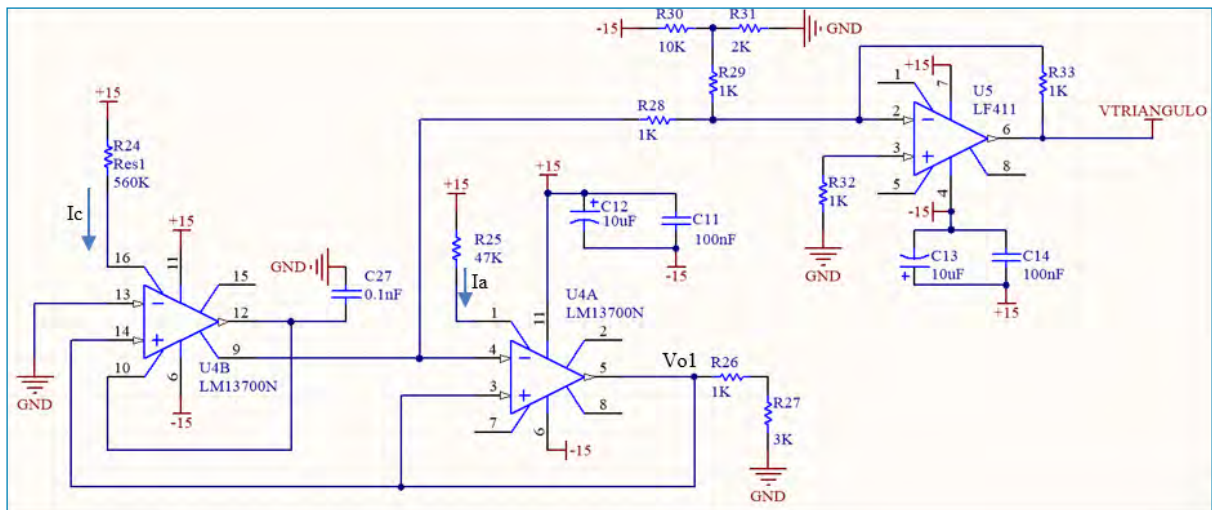


Figura 4. Esquemático Señal Triángulo

- Muestra de Corriente:** Para tomar una muestra de la corriente de salida del circuito se utiliza el sensor de corriente por efecto hall ACS712-5A de la Figura 5. Este sensor funciona transformando el campo magnético por el paso de la corriente a través del sensor, y convirtiendo este campo en un voltaje proporcional a la corriente de salida. Las características técnicas de este sensor son: sensibilidad de 186 mV/A, máxima corriente 5A.

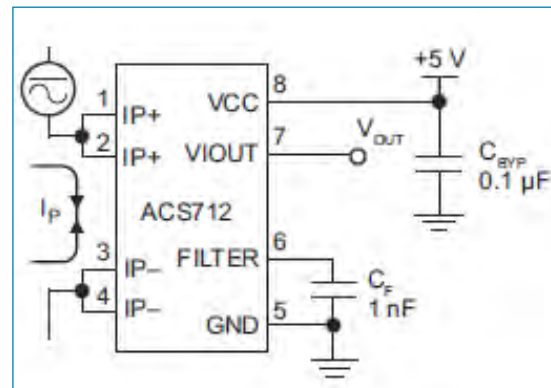


Figura 2. ACS 712-5A.

- Filtro LC-R salida:** El bloque LC-R es un filtro pasa bajos al cual se le agrega una resistencia en la salida, con el objetivo de limitar la corriente que pasa por el inductor cuando se esté en la corriente de corto circuito y el voltaje de salida sea muy bajo. El circuito de este bloque es plasmado en la Figura 6.

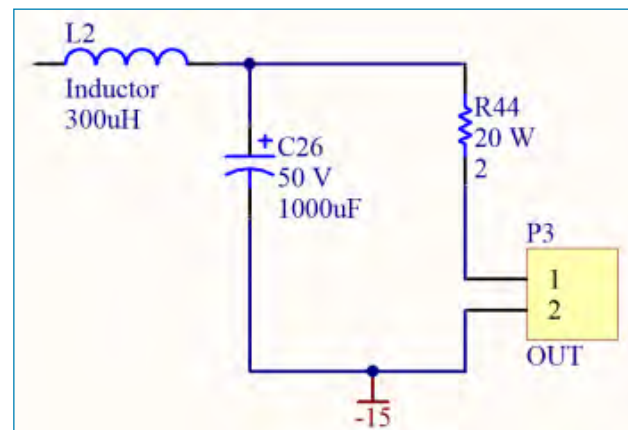


Figura 6. Esquemático Filtro LC-R.

- Emulación Celda Solar:** Para aproximar mejor el circuito a la curva del panel fotovoltaico, se reprodujo el modelo del panel solar el cual está compuesto por una fuente de corriente, un diodo, resistencia serie y resistencia paralelo. Los componentes usados fueron un amplificador de transconductancia que produce una corriente a la salida proporcional a la irradiancia, un diodo 1N914, una resistencia en paralelo de 2.7 MΩ, una resistencia en serie de 22 Ω y otro amplificador de transconductancia que va a pedir una corriente proporcional a la corriente de salida del circuito para que la corriente que pasa por el diodo disminuya y así el voltaje cada vez sea menor logrando de esta forma una curva muy similar a la del panel ECODELTA ED50-6M. El circuito diseñado es mostrado en la Figura 7.

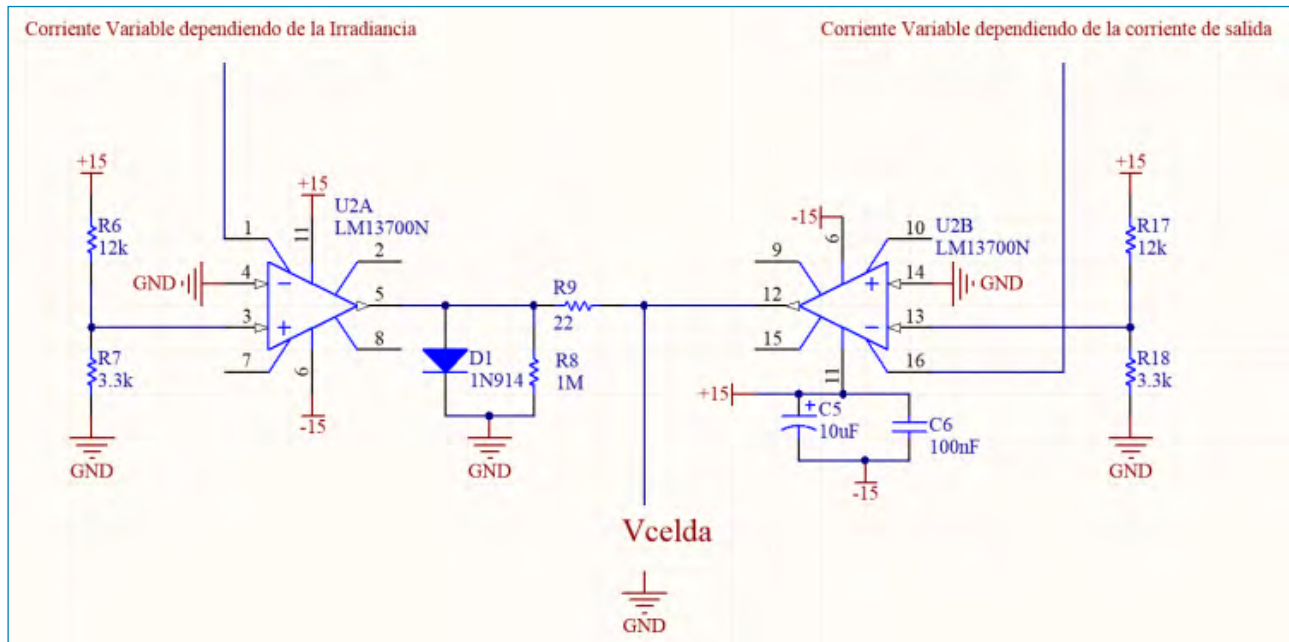


Figura 3. Circuito Emulador de Panel.

Las curvas que genera el circuito de la Figura 7 se pueden observar en las Figuras 8 y 9. En este circuito la parte A del OTA actúa como fuente de corriente fija entregando corriente dependiendo la irradiancia y temperatura, y la parte B, le resta corriente al diodo simulando igual como si se colocara una carga en la salida, ya que esta corriente que le resta es directamente proporcional con la corriente de salida.

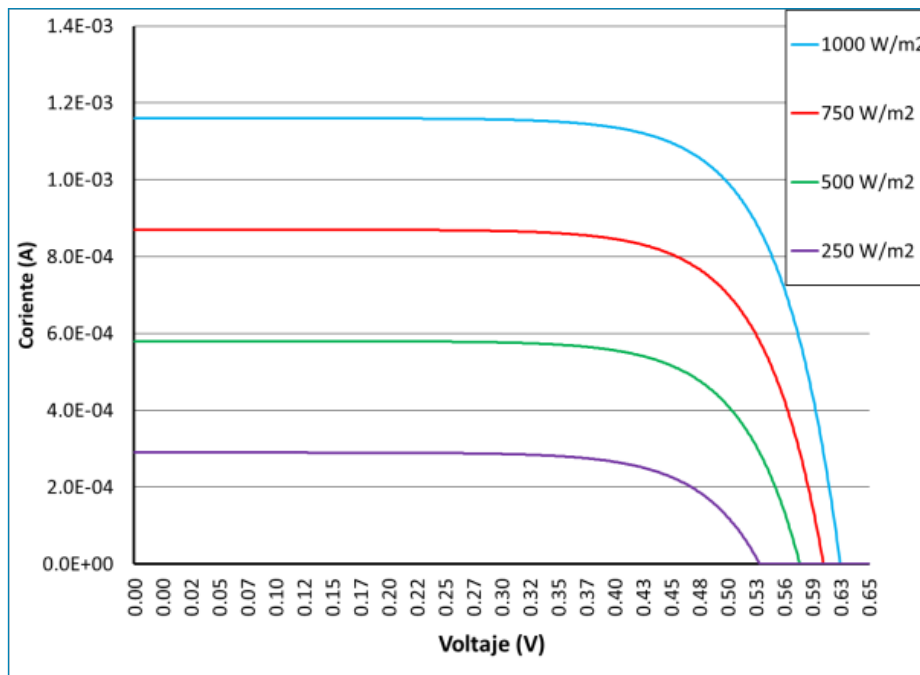


Figura 84. Curva Corriente-Voltaje Diodo 1N914

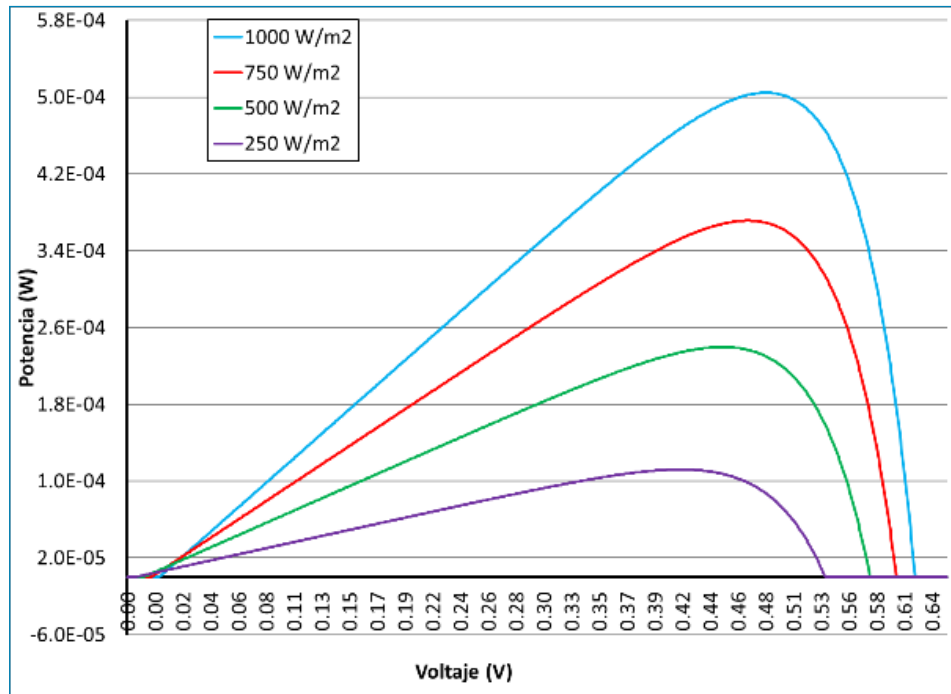


Figura 9. Curva Potencia-Voltaje Diodo 1N914

Por ultimo en la etapa de salida que se muestra en la Figura 10, el voltaje de celda pasa por un buffer para aislar esta señal, luego por un recortador, ya que si la corriente que está sacando el OTA B es muy parecida a la que entrega el OTA A, el voltaje de Celda puede llegar a -15 V, como el voltaje de entrada del amplificador de error debe estar entre 0 y 5 V, debemos garantizar esto para que no opere por fuera de rango. En el amplificador de error se usó la acción de control Integral. Debido a que las señales de entrada del amplificador de error estaban entre 0 y 5 V, el circuito integrado que escogimos para el amplificador de error fue el MC33202, el cual es un amplificador Rail to Rail en las entradas y en las salidas.

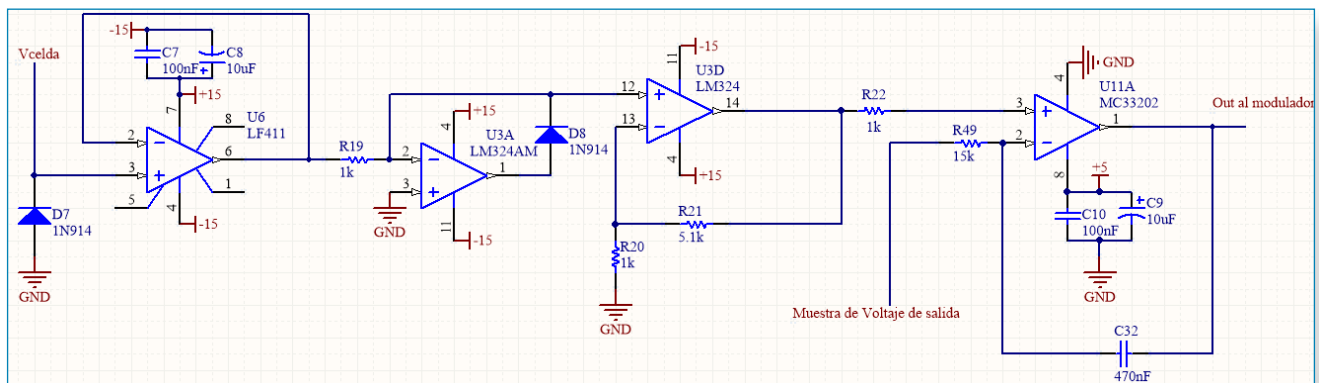


Figura 5. Salida del Emulador de Panel

- **Muestra de voltaje:** El bloque muestra de voltaje de salida está definido por el circuito de la Figura 11, en el cual se atenúa 6 veces el voltaje de salida a través de un operacional,



que luego pasa por un recortador para evitar que esta señal sea negativa ya que esta señal llega a un circuito integrado que esta polarizado entre 0 y +1.5 V.

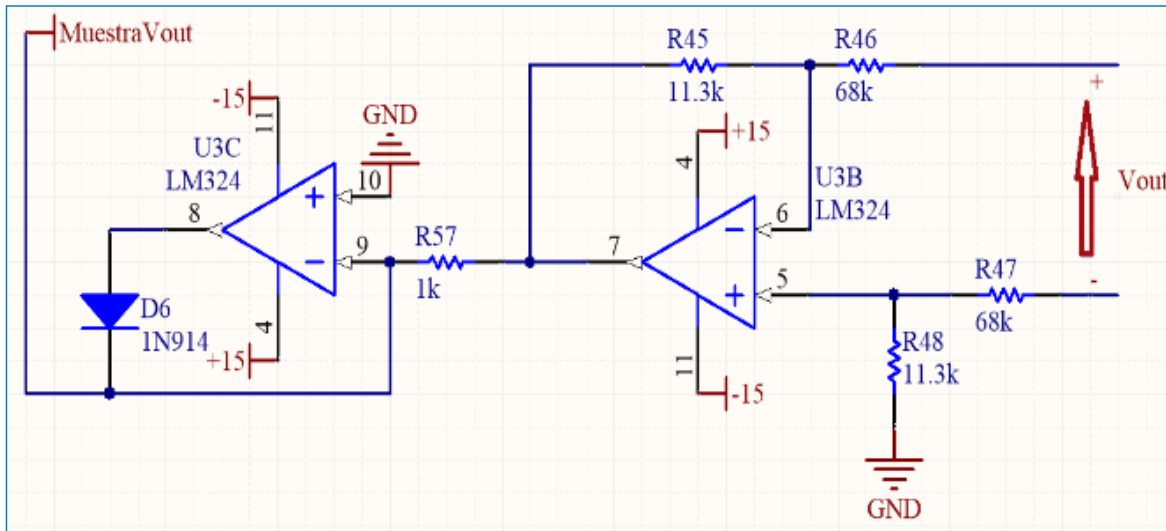


Figura 6. Circuito Muestra de Voltaje.

- HMI:** La interfaz Hombre-Máquina, se realiza a través de la aplicación creada en Visual Basic de la Figura 12, en donde el usuario puede ingresar los valores de Irradiancia desde 100 W/m² hasta 1000 W/m², y los valores de temperatura desde 0° C hasta los 60° C. La comunicación entre el computador y el circuito se realiza a través del FTDI232 que es un convertidor miniUSB a TTL y se realiza serial RS232. La atenuación del voltaje de salida se hace a través de la resistencia R21, por medio de un potenciómetro digital XC103P controlado por el microcontrolador.

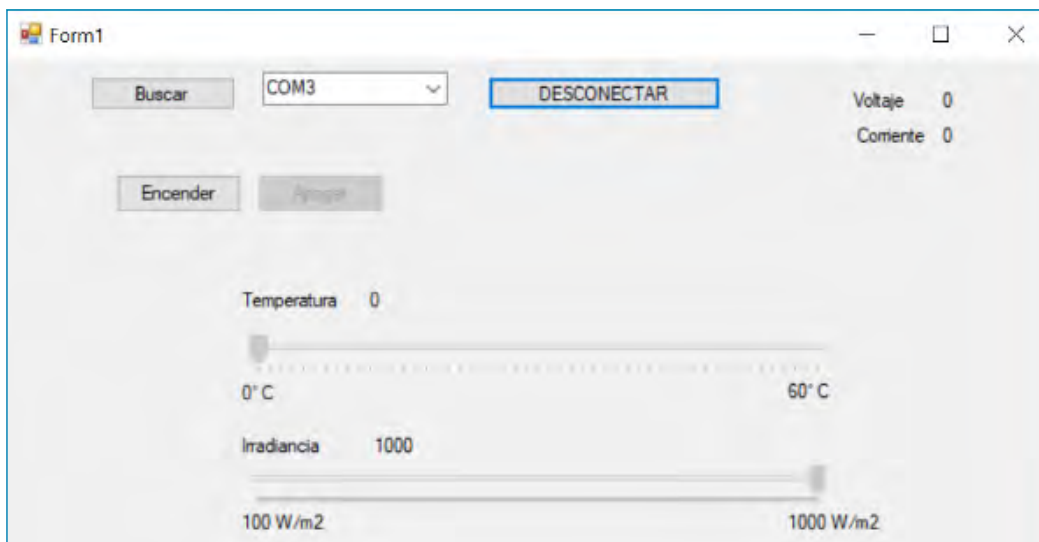


Figura 7. Interfaz Hombre-Máquina.

FASE 3 (Implementación): En esta fase se diseñó el PCB y se implementó el emulador del panel ECODELTA ED50-6M en PCB. Mostrado en la Figura 16.

FASE 4 (Comprobación y Evaluación): En esta fase se comprobó y evaluó el comportamiento del emulador y se analizaron las causas de las diferencias con las curvas teóricas.

■ RESULTADOS

FASE 1: Con todos los valores definidos graficamos las curvas de I-V de nuestro panel solar en función de la irradiancia. La gráfica Corriente-Voltaje del panel solar a una temperatura en la celda de 25°C para diferentes valores de irradiancia, se puede apreciar en la Figura 13, la gráfica Potencia-Voltaje a una temperatura en la celda de 25°C para diferentes valores de irradiancia, se puede apreciar en la Figura 14.

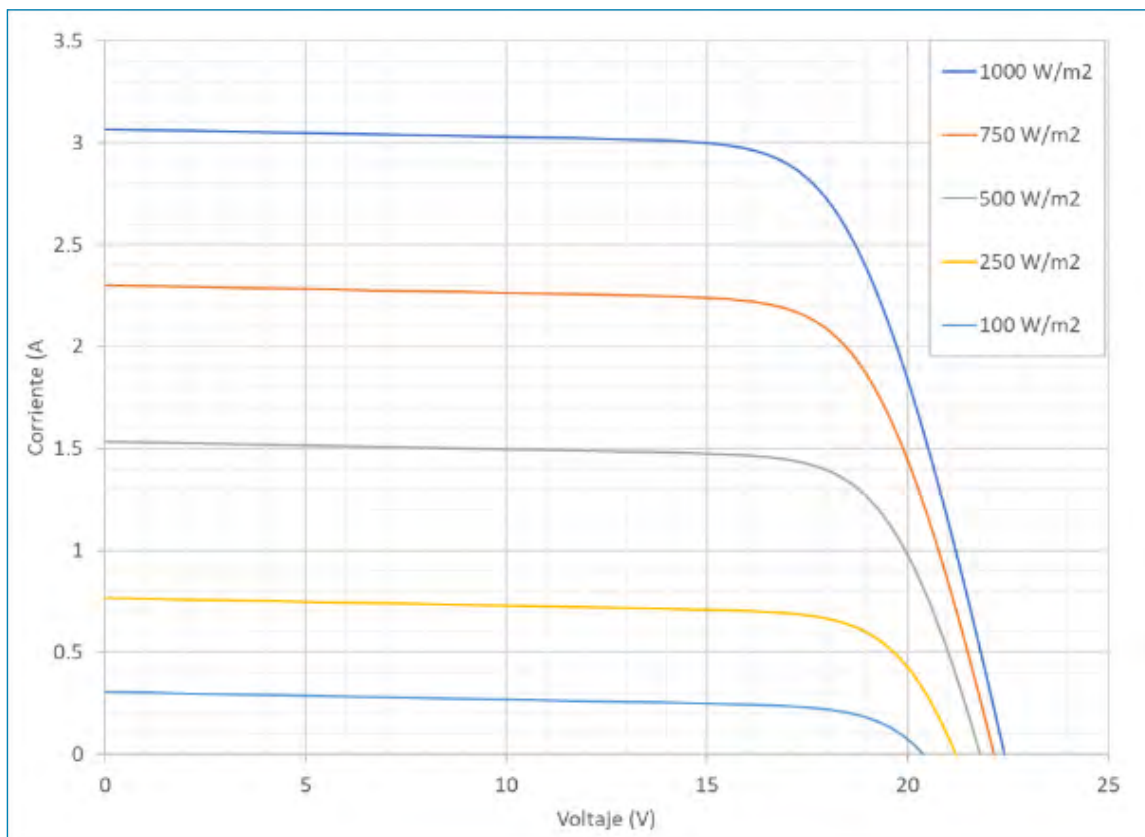


Figura 13. Curva I-V del Panel Ecodelta ED50-6M en función de la irradiancia

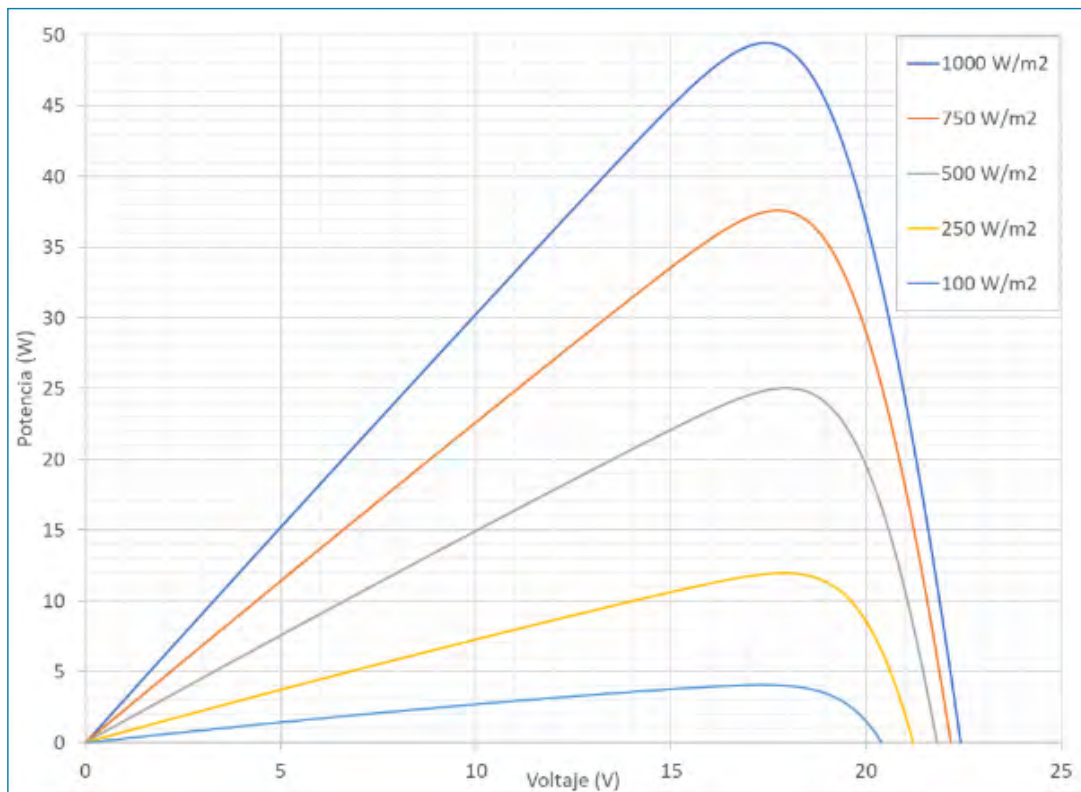


Figura 14. Curva P-V del Panel Ecodelta ED50-6M en función de la irradiancia

FASE 2: En esta fase se diseñaron la etapa de potencia y el circuito de alimentación del emulador del panel solar. Ver Figura 15.

FASE 3: En esta fase se diseñó y se implementó el PCB del circuito diseñado. Ver Figuras 16 y 17.

FASE 4: En las Figuras 18 y 19, se puede observar que este circuito nos modela perfectamente el comportamiento de un panel solar, sin embargo, existen unas pocas diferencias en algunos puntos debido a que los diodos de los paneles y el diodo que se utilizó tienen parámetros diferentes, especialmente el factor de idealidad, este factor en el diodo 1N914 es de alrededor de 2, mientras que el factor que nos arrojó la herramienta de Simulink fue de 0.94746.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

- Universidades Privadas y Públicas
- Empresas de tecnología

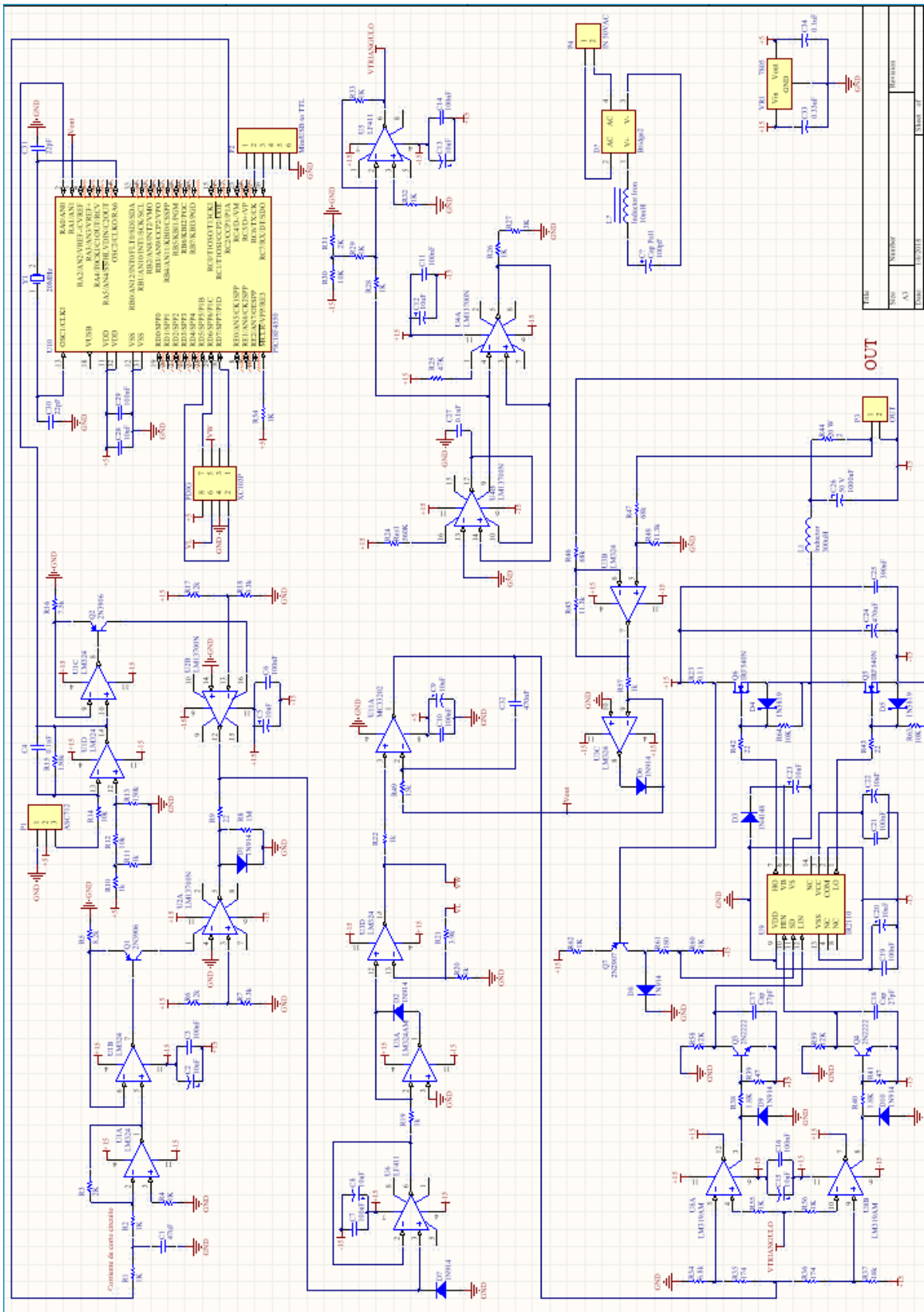


Figura 15. Esquemático del Emulador de Panel Solar Ecodelta ED50-6M

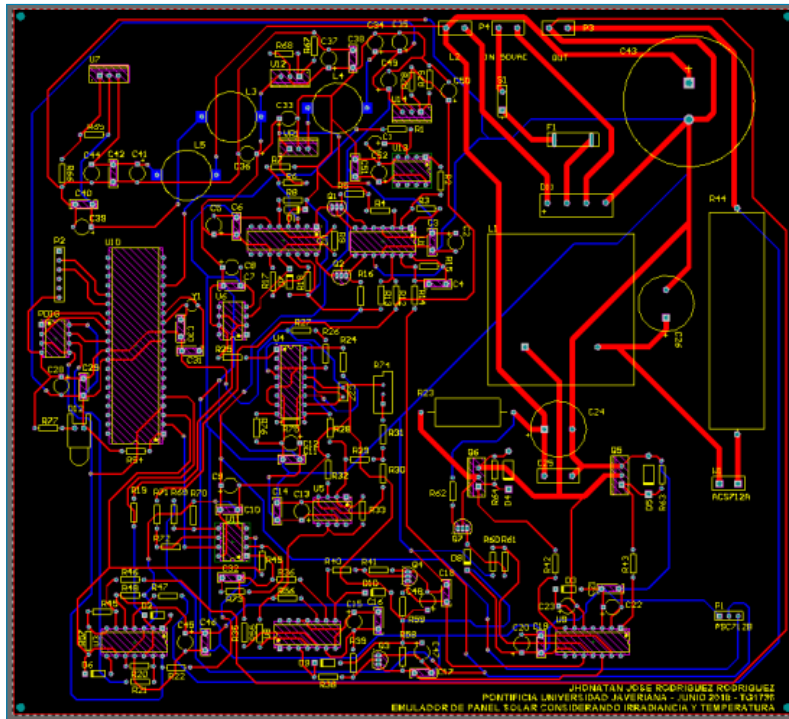


Figura 16. Diseño en PCB del Emulador diseñado.



Figura 17. PCB del Emulador diseñado.

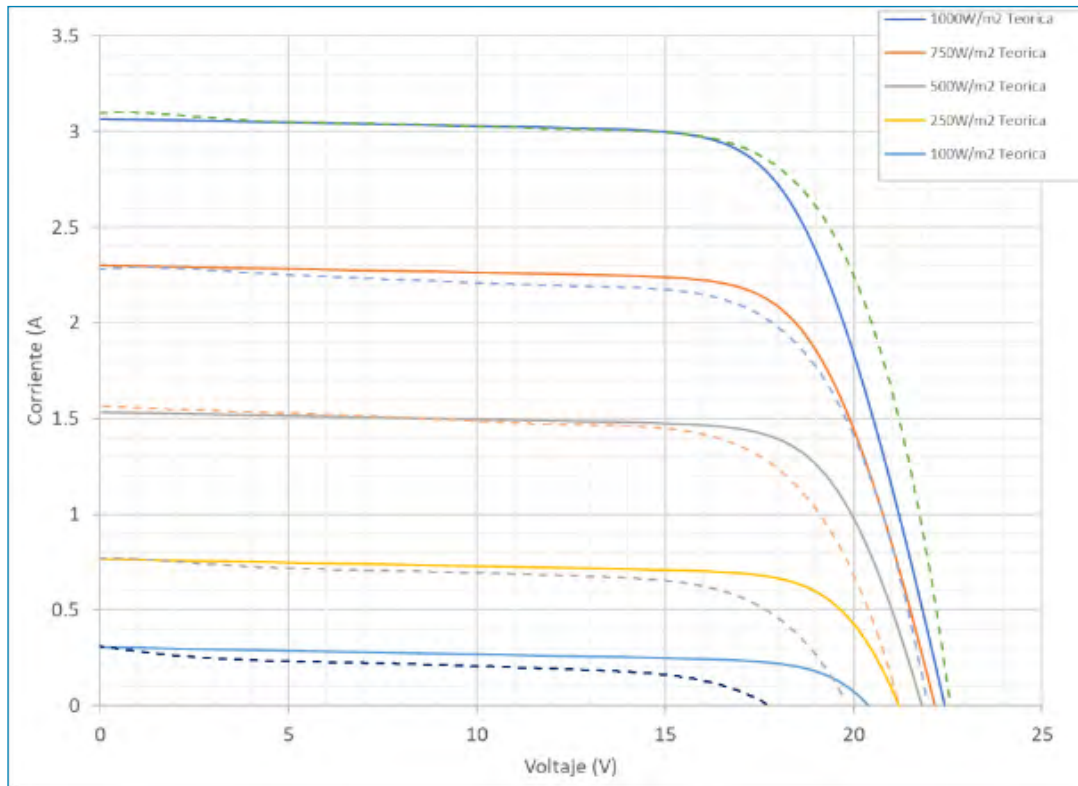


Figura 18. Curva Corriente - Voltaje Circuito Experimental con Teórica

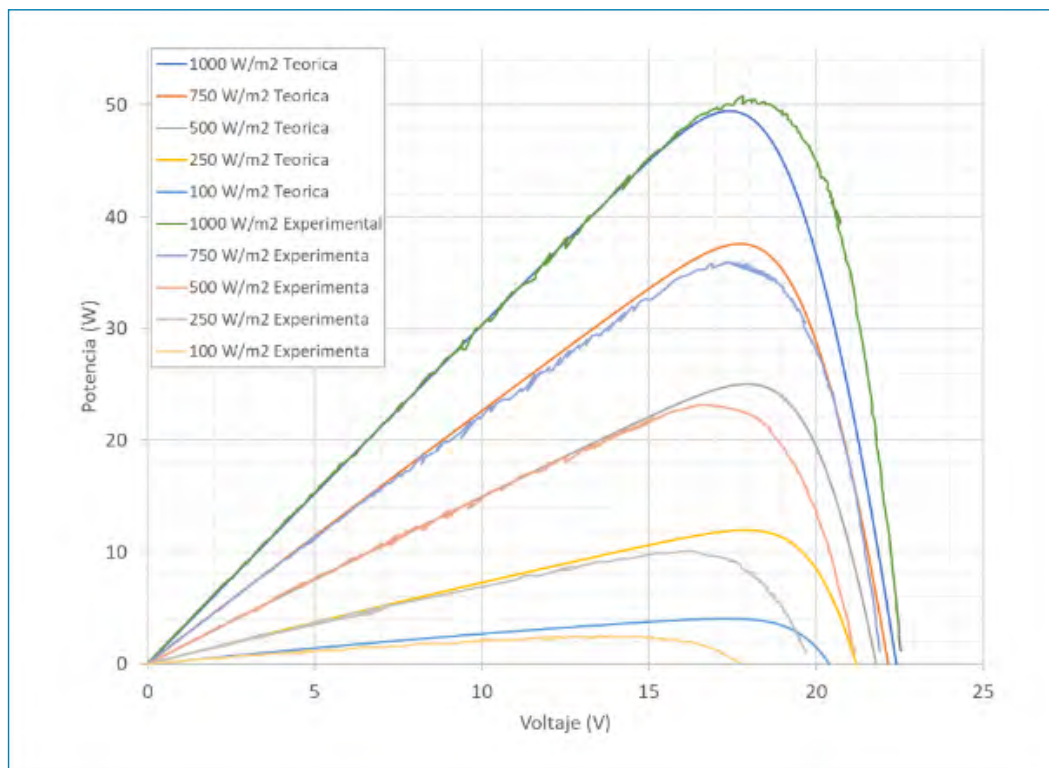


Figura 19. Curva Potencia - Voltaje Circuito Experimental con Teórica



■ CONCLUSIONES

Este trabajo de grado logró cumplir con el diseño de un emulador de la curva Voltaje Corriente del panel Ecodelta ED50-6M con condiciones preestablecidas por usuario de irradiancia y temperatura, el cual fue diseñado e implementado con circuitos integrados comerciales. El circuito es energizado a través de la acometida eléctrica. Con el circuito se puede establecer comunicación a través de un programa en Windows, de esta forma es posible indicarle los valores de irradiancia y temperatura, y visualizar en la interfaz el voltaje y corriente de salida. Estas curvas al tenerlas con disponibilidad las 24 horas del día permiten diseñar circuitos como inversores o cargadores de batería, y no estar dependiendo de un panel solar, donde las condiciones varían un amplio rango y solo se puede utilizar en promedio 3 horas al día en Bogotá.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] Naciones Unidas. (2018, Jun. 1). Cambio Climático. Disponible en: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- [2] IEA PVPS Reporting Countries, Becquerel Institute (BE), RTS Corporation (JP), "A snapshot of global PV: 1992-2017," (IEA)., Switzerland, St. Ursen, Report IEA PVPS T1-33, 2018.



ANÁLISIS DE DIFERENTES REGLAS DE PRIORIDAD DE PASO A CONSULTA Y PREDICCIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA EN UN CENTRO DE URGENCIAS SIMULADO

Luisa Fernanda Parra Lizarazo, María Paula Moreno Mendieta,
Estudiantes de Ingeniería Industrial

Ricardo Fernando Otero Caicedo, Profesor

Daniel Ricardo Suárez Venegas, Director del Proyecto de Grado

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia
Departamento de Ingeniería Industrial

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: Todos los servicios médicos incluso los de urgencias necesitan procedimientos para funcionar. Este proyecto está orientado al análisis de un servicio de urgencia, observando y caracterizando el flujo de pacientes. Posteriormente, con pruebas de diferentes escenarios sobre una simulación se observaron aquellas disciplinas de llamado de pacientes que tienen el potencial de mejorar los tiempos de espera. Además, se puede considerar que la predicción de tiempos de espera usando técnicas como redes neuronales y SVM permite futuras aplicaciones en el área logística, como la gestión óptima de recursos.

■ RESUMEN

Los largos tiempos de espera en los servicios de urgencias en el mundo son un problema para los pacientes, las instituciones y las ambulancias. Para entender el problema se abordaron dos propuestas. Primero, analizar el efecto del orden de paso a consulta en la reducción del tiempo de espera. Y segundo, la posibilidad de predecir el tiempo en los departamentos de urgencias. Las propuestas se evaluaron sobre una simulación basada en el flujo de pacientes del Hospital Universitario San Ignacio y a partir de los resultados se demuestra que el orden de paso a consulta tiene un efecto en los tiempos de atención de los pacientes y que con datos de fácil obtención es posible predecir el tiempo de espera al ingreso de un paciente. Adicionalmente, con la estimación de tiempo de espera, las instituciones de salud pública y los centros reguladores podrían tomar decisiones sobre remisiones y eventualmente mitigar los largos tiempos de espera en los servicios de urgencias.



■ INTRODUCCIÓN

Los largos tiempos de espera en los Departamentos de Urgencia (DU) han sido un problema mundial por décadas (Lambe et al., 2003; Duguay y Chetouane, 2007; Aldridge, Rogers, Bailey y Rogers, 2016). Canadá entre otros países reportan que su situación es crítica, con pacientes esperando en el servicio de urgencias más de cuatro horas antes de ser tratados (Canadian Institute for Health Information, 2012). Asimismo, una encuesta realizada en Colombia en el 2007 mostró que el 32% de los participantes esperó 6 horas o más para recibir tratamiento (Ministerio de Salud, 2007).

Este documento es un resumen del estudio de tiempos de espera que se realizó en el Hospital Universitario San Ignacio (HUSI). La fuente del estudio es un modelo de simulación que facilitó el análisis del servicio desde dos perspectivas. Primero, la simulación generó suficientes datos dinámicos para predecir el tiempo de espera de los pacientes y, por otro lado, permitió hacer cambios en el orden de paso a consulta de los pacientes para evaluar el impacto en el tiempo de espera general en urgencias.

En cuanto a propuestas orientadas a mitigar los largos tiempos de espera, se encontró en la revisión de antecedentes una que consistía en derivar las ambulancias a otros servicios menos congestionados (Cooney et al., 2011), pero las decisiones de nuevos destinos incrementan el tiempo de transporte poniendo en riesgo la vida de los pacientes y disminuyendo la disponibilidad de estas (Lee, Do Shin, Lee, Cho y Cha, 2015). En este contexto, el Ministerio de Salud en Colombia pide un reporte de ocupación en los centros de urgencia que debe ser comunicado a los Centros Reguladores de Urgencias y Emergencias (CRUE), pues son las entidades encargadas de coordinar el envío de ambulancias. Sin embargo, este reporte se realiza en un solo momento del día por lo que la información no es confiable (según las entrevistas que se tuvieron con esta institución).

Por otra parte, los departamentos de urgencia deben tener criterios de acceso a la atención médica, los cuales afectan el orden de los pacientes que pasan a consulta. Una de las formas de redistribuir los recursos según las necesidades del paciente consiste en clasificarlos según la urgencia y severidad de su estado de salud. En Colombia al igual que en otros países de Europa y Asia se utiliza una escala de clasificación con 5 niveles conocida como triage. El Ministerio de Salud y Protección Social en el artículo 6 de la Resolución 5596 declara que para las categorías 1 y 2 de triage se deben cumplir los tiempos reglamentados para cada uno. Y adicionalmente, las entidades prestadoras del servicio de urgencias deben establecer, comunicar y garantizar la atención de los demás niveles de triage en los tiempos de atención establecidos por cada institución. Luego de la clasificación de triage, los DU deben definir recursos y procesos para la atención de los pacientes. Estos criterios de acceso en adelante serán mencionados como estrategias de pull de pacientes a consulta.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En primer lugar, la estimación del tiempo de espera es una propuesta que las instituciones de salud y entidades públicas están cada vez más dispuestas a explorar, debido a que permitiría tomar

decisiones oportunas frente a la remisión de pacientes, la activación del estado de emergencia, la gestión de recursos y mitigar los largos tiempos de espera en los DU.

En segundo lugar, se abordó la reducción de los tiempos de espera realizando cambios a la disciplina de llamado de pacientes a primera consulta médica en urgencias. Esta aproximación al problema surge de la premisa de que los tiempos de espera son resultado de las decisiones que se toman en torno al acceso y distribución de los recursos del DU y no solo la creciente demanda de los servicios de urgencia (Moskop et al., 2009).

■ OBJETIVOS

Identificar y describir diferentes estrategias de paso a consulta usadas en algunos hospitales. Proponer y modelar estrategias de paso a consulta. Definir indicadores de desempeño del DU. Realizar diferentes escenarios para probar el efecto de diferentes estrategias de paso a consulta en los indicadores de desempeño.

■ METODOLOGÍA

Ante todo, la simulación del Departamento de Urgencias se realizó bajo el modelo de diseño propuesto por Banks et al. (1998). En primer lugar, para la caracterización y mejor comprensión del servicio de urgencias del Hospital San Ignacio se realizaron visitas en diferentes turnos al departamento con el acompañamiento del doctor Juan Tamayo y el jefe de gestión clínica. Con esta información se creó un diagrama de flujo con las posibles rutas del paciente, que fue validado por el director de urgencias y que además se contrastó con el trabajo de Björn y Rödje (2008) sobre los procesos por los cuales debe pasar cada paciente en urgencias. Posteriormente, con el consentimiento del hospital, se hizo un análisis de datos de entrada para la simulación con los registros de ingreso de 10.000 pacientes. Posterior a la formulación del modelo auto guiado por las distribuciones de probabilidad obtenidas a partir de los datos, se modeló el servicio de urgencias en el software FlexSim 2018. Finalmente, se validó el resultado con un médico del hospital y con indicadores de salida de la simulación –tiempo de espera promedio y estancia total promedio del paciente–.

Esta simulación es un recurso usado frecuentemente en ingeniería para evaluar potenciales cambios en un sistema real. En esta investigación la simulación soportó el análisis de 16 estrategias de pull de pacientes a consulta y se usó para generar suficientes datos con el fin de predecir los tiempos de espera de pacientes del departamento de urgencias.

El desarrollo de las estrategias de pull se dividió en dos etapas. La primera fue la búsqueda de estudios relacionados con la disciplina de la cola en servicios de urgencias y la una investigación de campo en 6 hospitales de Bogotá. Por medio de visitas y entrevistas semiestructuradas a los directores médicos de urgencias de cada hospital se documentaron las estrategias y recursos usados en cada uno.

En la segunda etapa se programaron en la simulación 16 escenarios diferentes a partir de la información recolectada en la literatura y las visitas a los hospitales. Entre estas estrategias se encuentran: la estrategia actual del HUSI, el paso aleatorio de pacientes, estrategias basadas



en el tiempo límite establecido por triage y estrategias usadas en los hospitales visitados. Simultáneamente, se propusieron 4 indicadores de tiempo de espera –tiempo promedio entre ingreso y atención médica (DTD), tiempo promedio entre triage y atención médica (TTD), tardanza promedio y porcentaje de pacientes atendidos a tiempo– para analizar diferencias entre las estrategias propuestas. Se finalizó con un análisis de resultados con la prueba ANOVA y la prueba de Tamhane con Bootstrap para cada triage y para cada indicador en el software SPSS.

Respecto al uso de la simulación para predecir los tiempos de espera, se propusieron escenarios con diferente disponibilidad de recursos. Esto con el objetivo de dar variabilidad a los parámetros de entrada de los modelos predictivos. Primero se diseñaron 40 configuraciones en la simulación variando el número de consultorios, número de doctores, número de enfermeras en triage, disponibilidad de un consultorio exclusivo para triage 5 y número de espacios de observación. Para cada configuración se ejecutaron 5 réplicas, cada una con un tiempo de simulación de un mes. La información de salida se almacenó en tablas con datos relativos al servicio de urgencias, al momento de ingreso del paciente y datos propios del paciente.

Posteriormente, se exportaron estas tablas al software SPSS para hacer una depuración de los datos de calentamiento de la simulación y se construyó un solo archivo de parámetros para alimentar los modelos de regresión. Se realizó una partición 70-30 para entrenamiento y validación, y después se seleccionaron 4 técnicas predictivas: SVM, redes neuronales, regresión lineal y dos árboles de regresión con -CRT y CHAID-. Cada técnica se probó con diferentes agrupaciones de datos: Todos los datos, agrupando los datos por triage y agrupándolos por triage y especialidad. Posteriormente, se evaluó el desempeño de cada una calculando el error medio absoluto (MAE). Por último, para los mejores modelos se hizo un ensamble promediando el tiempo de espera.

■ RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, en este proyecto se simuló un departamento de urgencias que facilitó el análisis del servicio desde dos perspectivas. En primer lugar, para las técnicas de predicción del tiempo de espera, la media del error absoluto para la mayoría de estas fue menor a 30 minutos. Específicamente, el mejor método fue el SVM agrupado por triage y por especialidad con una media de error total de 21,29 minutos. Además, el 63% de las especialidades tuvieron un error menor a 10 minutos.

En cuanto a las estrategias de paso a consulta, los resultados de la ANOVA permiten concluir que sí existen diferencias entre las estrategias propuestas evaluadas con los indicadores DTD, TTD y tardanza. Sin embargo, no se pueden confirmar diferencias significativas entre el porcentaje de pacientes atendidos a tiempo con las estrategias evaluadas para los triage 1 y 3. Respecto a los resultados con la prueba de Tamhane, se observa que para triage 1 la estrategia 16 es la peor mientras que hay diferentes grupos de estrategias en donde no hay diferencias significativas. Sin embargo, eran resultados esperados para este triage que representa solo el 1% de los ingresos y en el que los pacientes generalmente pasan directamente a reanimación. Para los demás niveles de triage la estrategia 15 tiene el mejor desempeño en los tres indicadores. Recordemos que la estrategia 1 es la que usa actualmente el HUSI y consiste en que desde triage el paciente puede ir directamente a un especialista, y cada especialidad tiene una línea de espera en donde pasan

con disciplina FIFO los pacientes desde el triage más prioritario –1– hasta el menos urgente –5–. La principal diferencia con la estrategia 15 es que todos los pacientes van directo a medicina general y que entre cada paciente que va a consulta el médico hace una revaloración.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

En la literatura se encuentra muy poco acerca de la descripción de estrategias pull de pacientes a consulta porque tradicionalmente esto ha sido un elemento intuitivo de las enfermeras (Björn y Rödje, 2008; FitzGerald, Jelinek, Scott y Gerdtz, 2010). Sin embargo, el potencial de reducción de tiempos encontrado en las disciplinas de cola generalmente en entornos de manufactura (Hu, Barnes y Golden, 2018) motivó esta investigación des estrategias en un departamento de urgencias. Adicionalmente, la poca literatura encontrada en el tema indica que es un área con potencial de exploración.

En cuanto a la estimación del tiempo de espera, las instituciones podrían tomar decisiones efectivas. Por ejemplo, si las ambulancias pudieran conocer el tiempo de espera de admisión, esto podría ayudar a los CRUE e incluso a cualquier paciente a escoger cuál DU visitar. De ahí, que demostrar que la predicción de tiempos de espera en urgencias es posible. Del mismo modo, se podría mitigar la problemática de los tiempos de espera en el despacho de ambulancias, en tanto las entidades públicas puedan tomar mejores decisiones en el re direccionamiento de pacientes.

■ CONCLUSIONES

La mejor estrategia de paso a consulta fue el número 15, que consiste en pasar a todos los pacientes a medicina general y después paso alterno entre primera consulta y re-valoración. Esta también representa mejora respecto a la estrategia actual el indicador de TTD para todos los triage. En cuanto a los tiempos de espera, la mejor técnica de predicción fue el SVM agrupado por triage y especialidad con una media de error total de 21,29 minutos.

Con los resultados obtenidos se demuestra que el orden de paso a consulta afecta tanto positiva como negativamente los tiempos de atención de los pacientes y que con datos de fácil obtención es posible predecir el tiempo de espera al ingreso de un paciente. Adicionalmente, con la estimación de tiempo de espera, las instituciones de salud pública y los centros reguladores podrían tomar decisiones sobre remisiones y eventualmente mitigar los largos tiempos de espera en los servicios de urgencias

■ BIBLIOGRAFÍA

Aldridge, E. S., Rogers, I. R., Bailey, P. M., & Rogers, J. R. (2016). Emergency department 'under-crowding' is associated with decreased waiting times. *Emergency Medicine Australasia*, 28(3), 268-272. doi:10.1111/1742-6723.12569



- Asplin, B. R., Magid, D. J., Rhodes, K. V., Solberg, L. I., Lurie, N., & Camargo, C. A. (2003). A conceptual model of emergency department crowding. *Annals of Emergency Medicine*, 42(2), 173- 180. doi:10.1067/mem.2003.302
- Badri, M. A., & Hollingsworth, J. (1993). A simulation model for scheduling in the emergency room. *International Journal of Operations & Production Management*, 13(3), 13-24. doi:10.1108/01443579310025989
- Banks, J., Pritsker, A. A. B., Vincent, S., L'Ecuyer, P., Cheng, R. C., Kleijnen, J. P., Nelson, B. L. (1998). *Handbook of simulation: Principles, methodology, advances, applications, and practice* Wiley Online Library.
- Batt, R. J., & Terwiesch, C. (2015). Waiting patiently: An empirical study of queue abandonment in an emergency department. *Management Science*, 61(1), 39-59. doi:10.1287/mnsc.2014.2058
- Berlanga, V., Rubio Hurtado, M. J., & Vilà Baños, R. (2013). Cómo aplicar árboles de decisión en SPSS. doi:10.1344/reire2013.6.1615
- Bjørn, P., & Rødje, K. (2008). Triage drift: A workplace study in a pediatric emergency department. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 17(4), 395-419. doi:10.1007/s10606-008-9079-2
- Blake, J. T., Carter, M. W., & Richardson, S. (1996). An analysis of emergency room wait time issues via computer simulation. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 34(4), 263- 273. doi:10.1080/03155986.1996.11732308
- Bond, K., Ospina, M. B., Blitz, S., Afilalo, M., Campbell, S. G., Bullard, M., . . . Rowe, B. H. (2007). Frequency, determinants and impact of overcrowding in emergency departments in canada: A national survey. *Healthcare Quarterly*, 10(4), 32-40. doi:10.12927/hcq.2007.19312
- Braun, A. C., Weidner, U., & Hinz, S. (Jun 2011). (Jun 2011). Support vector machines, import vector machines and relevance vector machines for hyperspectral classification - A comparison. Paper presented at the 1-4. doi:10.1109/WHISPERS.2011.6080861 Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/6080861>
- Canadian Institute for Health Information. (2012). Health care in canada, a focus on wait times Retrieved from https://secure.cihi.ca/free_products/HCIC2012-FullReport-ENweb.pdf
- Chen, A. Y., Tsung-Yu Lu, Ma, M. H., & Wei-Zen Sun. (2016). Demand forecast using data analytics for the preallocation of ambulances. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 20(4), 1178- 1187. doi:10.1109/JBHI.2015.2443799
- Clissold, A., Filar, J., Mackay, M., Qin, S., & Ward, D. (2015). (2015). Simulating hospital patient flow for insight and improvement. Paper presented at the Proceedings of the 8th Australasian Workshop on Health Informatics and Knowledge Management (HIKM 2015),

Sydney, Australia, 15-23. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/4bad/cfa-d5b21d9235e709d8f77c4feb1e87d4ef9.pdf>.

- Cone, D. C., Middleton, P. M., & Marashi Pour, S. (2012). Analysis and impact of delays in ambulance to emergency department handovers. *Emergency Medicine Australasia*, 24(5), 525-533. doi:10.1111/j.1742-6723.2012.01589.x
- Cooney, D. R., Millin, M. G., Carter, A., Lawner, B. J., Nable, J. V., & Wallus, H. J. (2011). Ambulance diversion and emergency department offload delay: Resource document for the national association of EMS physicians position statement. *Prehospital Emergency Care*, 15(4), 555-561. doi:10.3109/10903127.2011.608871
- Curtis, C., Liu, C., Bollerman, T. J., & Pinykh, O. S. (2018). Machine learning for predicting patient wait times and appointment delays. *Journal of the American College of Radiology : JACR*, 15(9), 1310. doi:10.1016/j.jacr.2017.08.021
- DeFlicht, C., Geeting, G., & Paz, H. L. (2015). Reinventing emergency department flow via healthcare delivery science. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 8(3), 105- 115. doi:10.1177/1937586715580949
- Duguay, C., & Chetouane, F. (2007). Modeling and improving emergency department systems using discrete events simulation. *Simulation*, 83(4), 311-320. doi:10.1177/0037549707083111
- Ding, R., McCarthy, M. L., Desmond, J. S., Lee, J. S., Aronsky, D., & Zeger, S. L. (2010). Characterizing waiting room time, treatment time, and boarding time in the emergency department using quantile regression. *Academic Emergency Medicine*, 17(8), 813-823. doi:10.1111/j.1553-2712.2010.00812.x
- Eckstein, M., & Chan, L. S. (2004). The effect of emergency department crowding on paramedic ambulance availability. *Annals of Emergency Medicine*, 43(1), 100-105. doi:10.1016/S0196-0644(03)00747-9
- E J Gallagher, & S G Lynn. (1990). The etiology of medical gridlock: Causes of emergency department overcrowding in new york city. *The Journal of Emergency Medicine*, 8(6), 785-790. doi://doi.org/10.1016/0736-4679(90)90298-A
- El Espectador. (2016, Jan 28,). Nueva clasificación del triage en el servicio de urgencias. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1760929839>
- FitzGerald, G., Jelinek, G. A., Scott, D., & Gertz, M. F. (2010). Emergency department triage revisited. *Emergency Medicine Journal : EMJ*, 27(2), 86-92. doi:10.1136/emj.2009.077081
- Gomez, Y. (2016, Ene 9,). Hacinamiento se toma las salas de urgencia de hospitales de bogotá. Retrieved from <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16476992>



- Gorunescu, F., McClean, S. I., & Millard, P. H. (2002). A queueing model for bed-occupancy management and planning of hospitals. *Journal of the Operational Research Society*, 53(1), 19-24. doi:10.1057/palgrave.jors.2601244
- Green, L., & Yih, Y. (2010). Queueing theory and modeling. *Handbook of Healthcare Delivery Systems*, , 1-16. Retrieved from <https://www0.gsb.columbia.edu/mygsb/faculty/research/pubfiles/5474/queueing%20theory%20and%20modeling.pdf>
- GUL, M., & Guneri, A. F. (2015). Forecasting patient length of stay in an emergency department by artificial neural networks. *Journal of Aeronautics and Space Technologies (Havacilik Ve Uzay Teknolojileri Dergisi)*, 8(2) doi:10.7603/s40690-015-0015-7
- Higginson, I. (2012). Emergency department crowding. *Emergency Medicine Journal : EMJ*, 29(6), 437-443. doi:10.1136/emmermed-2011-200532 [doi]
- Hoot, N. R., LeBlanc, L. J., Jones, I., Levin, S. R., Zhou, C., Gadd, C. S., & Aronsky, D. (2008). Forecasting emergency department crowding: A discrete event simulation. *Annals of Emergency Medicine*, 52(2), 116-125. doi:10.1016/j.annemergmed.2007.12.011
- Hoot, N. R., Zhou, C., Jones, I., & Aronsky, D. (2007). Measuring and forecasting emergency department crowding in real time. *Annals of Emergency Medicine*, 49(6), 747-755. doi:10.1016/j.annemergmed.2007.01.017
- Hoot, N., & Aronsky, D. (2006). An early warning system for overcrowding in the emergency department American Medical Informatics Association.
- Hospital Universitario San Ignacio. (2017). Hospital San Ignacio se acredita como hospital universitario. Retrieved from www.husi.org.co/el-husi-hoy/hospital-san-ignacio-se-acredita-como-hospital-universitario
- Hu, X., Barnes, S., & Golden, B. (2018). Applying queueing theory to the study of emergency department operations: A survey and a discussion of comparable simulation studies. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 7-49. doi:10.1111/itor.12400
- Huang, J., Carmeli, B., & Mandelbaum, A. (2015). Control of patient flow in emergency departments, or multiclass queues with deadlines and feedback. *Operations Research*, 63(4), 892-908. doi:10.1287/opre.2015.1389
- Hwang, U., McCarthy, M. L., Aronsky, D., Asplin, B., Crane, P. W., Craven, C. K., . . . Pines, J. M. (2011). Measures of crowding in the emergency department: A systematic review. *Academic Emergency Medicine*, 18(5), 527-538.
- Khadem, M., Bashir, H. A., Al-Lawati, Y., & Al-Azri, F. (2008). (2008). Evaluating the layout of the emergency department of a public hospital using computer simulation modeling: A case study. Paper presented at the Industrial Engineering and Engineering Manage-

ment, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference On, 1709-1713. doi:10.1109/IEEM.2008.4738164

Khare, R. K., Powell, E. S., Reinhardt, G., & Lucenti, M. (2009). Adding more beds to the emergency department or reducing admitted patient boarding times: Which has a more significant influence on emergency department congestion? *Ann Emerg Med*, 53(5), 585.e2. doi:10.1016/j.annemergmed.2008.07.009

Kim, S., & Kim, S. (2015). Differentiated waiting time management according to patient class in an emergency care center using an open Jackson network integrated with pooling and prioritizing. *Annals of Operations Research*, 230(1), 35-55. doi:10.1007/s10479-013-1477-2

Kolker, A. (2008). Process modeling of emergency department patient flow: Effect of patient length of stay on ED diversion. *Journal of Medical Systems*, 32(5), 389-401. doi:10.1007/s10916-008-9144-x
Komashie, A., & Mousavi, A. (2005). (2005). Modeling emergency departments using discrete event simulation techniques. Paper presented at the Proceedings of the 37th Conference on Winter Simulation, 2681-2685. doi:10.1109/WSC.2005.1574570

Lambe, S., Washington, D. L., Fink, A., Laouri, M., Liu, H., Fosse, J. S., . . . Asch, S. M. (2003). Waiting times in California's emergency departments. *Annals of Emergency Medicine*, 41(1), 35-44. doi:10.1067/mem.2003.2

Landa, P., Sonnessa, M., Tànfani, E., & Testi, A. (2018). Multiobjective bed management considering emergency and elective patient flows. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 91-110. doi:10.1111/itor.12360

Lather, J. I. (2017). (2017). Discrete event simulation scenario testing of schematic layouts in an emergency department expansion project. Paper presented at the 2017 Winter Simulation Conference (WSC), 4628. doi:10.1109/WSC.2017.8248238

Lee, Y. J., Do Shin, S., Lee, E. J., Cho, J. S., & Cha, W. C. (2015). Emergency department overcrowding and ambulance turnaround time. *PloS One*, 10(6), e0130758.

doi:10.1371/journal.pone.0130758

Lowery, J. (Dec 1, 1993). (Dec 1, 1993). Multi-hospital validation of critical care simulation model. Paper presented at the 1207-1215. doi:10.1145/256563.257007 Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=257007>

Mayhew, L., & Smith, D. (2008). Using queuing theory to analyse the government's 4-h completion time target in accident and emergency departments. *Health Care Management Science*, 11(1), 11-21. doi:10.1007/s10729-007-9033-8



- Medeiros, D. J., Swenson, E., & DeFlicht, C. (2008). (2008). Improving patient flow in a hospital emergency department. Paper presented at the Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation, 1526-1531. doi:10.1109/WSC.2008.4736233
- Resolución 5596. Selection and classification criteria of emergency department patients (triage), (2015). Retrieved from https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%205596%20de%202015.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). New classification criteria for triage in emergency. Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/English/Paginas/-New-classification-criteria-for-triage-in-emergency.aspx>
- Moskop, J. C., Sklar, D. P., Geiderman, J. M., Schears, R. M., & Bookman, K. J. (2009). Emergency department crowding, part 1—concept, causes, and moral consequences. *Annals of Emergency Medicine*, 53(5), 605-611. doi:10.1016/j.annemergmed.2008.09.019
- National Emergency Nurses Affiliation. (2001). Joint position statement on emergency department overcrowding. *Cjem*, 3(2), 82. doi://doi.org/10.1017/S1481803500005285
- Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, 1(1), 81-106. doi://doi.org/10.1007/BF00116251
- Rafael-Palou, X., Turino, C., Steblin, A., Sánchez-de-la-Torre, M., Barbé, F., & Vargiu, E. (2018). Comparative analysis of predictive methods for early assessment of compliance with continuous positive airway pressure therapy. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18(1), 1-14. doi:10.1186/s12911-018-0657-z
- Resolución 256, (2016). Retrieved from <http://www.acreditacionensalud.org.co/sua/Documents/Resoluci%C3%B3n%20256%20de%202016%20SinfCalidad.pdf>
- Resolución 926, (2017). Retrieved from http://www.consultorsalud.com/sites/consultorsalud/files/sistema_de_emergencias_medicas_sem-_resolucion_926_de_2017.pdf
- Ruohonen, T., Neittaanmaki, P., & Teittinen, J. (2006). (2006). Simulation model for improving the operation of the emergency department of special health care. Paper presented at the Simulation Conference, 2006. WSC 06. Proceedings of the Winter, 453-458. doi:10.1109/WSC.2006.323115
- Rutschmann, O. T., Kossovsky, M., Geissbühler, A., Perneger, T. V., Vermeulen, B., Simon, J., & Sarasin, F. P. (2006). Interactive triage simulator revealed important variability in both process and outcome of emergency triage. *Journal of Clinical Epidemiology*, 59(6), 615-621.
doi:10.1016/j.jclinepi.2005.11.003
- Wang, L. (2009). (2009). An agent-based simulation for workflow in emergency department. Paper presented at the Systems and Information Engineering Design Symposium, 2009. SIEDS'09. 19-23. doi:10.1109/SIEDS.2009.5166148

- Wang, J. (2012). On quantifying and forecasting emergency department overcrowding at sunnyside hospital using statistical analyses and artificial neural networks Retrieved from <http://hdl.handle.net/1807/33580>
- Wiler, J. L., Griffey, R. T., & Olsen, T. (2011). Review of modeling approaches for emergency department patient flow and crowding research. *Academic Emergency Medicine*, 18(12), 1371-1379. doi:10.1111/j.1553-2712.2011.01135.x
- Wu, H., Chang, Y., Hwang, M., & Lin, I. (2009). Flexible RFID location system based on artificial neural networks for medical care facilities. *ACM SIGBED Review*, 6(2), 1-8. doi:10.1145/1859823.1859835



OPTIMIZACIÓN LOGÍSTICA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RUTEO VEHICULAR PARA EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA GRANADOS GÓMEZ & CIA S.A. E.S.P.

Robert Steve Santos Parada, Jubrayth Camila Molano Herrera
Universidad Antonio Nariño

Temática: Procesos Productivos y Logísticos

Justificación de temática: El concepto de logística se presentó de manera fundamental en el desarrollo del proyecto como guía para lograr la optimización en el proceso de distribución y comercialización de gas licuado del petróleo (GLP), mejorando su desarrollo a partir de la eficiencia en las rutas y conocimiento del mercado. Siendo necesario describir la importancia que tiene lograr la eficacia para este tipo de empresas con un gasto operativo alto; utilizando la tecnología para cumplir con los objetivos planteados teniendo en cuenta conceptos básicos como la cadena de abastamiento y la distribución de la flota vehicular aportando una ventaja competitiva dentro de los procesos logísticos organizacionales.

RESUMEN

El proyecto tuvo como propósito realizar un estudio de caso y optimizar el proceso logístico llevado a cabo por la empresa GRANADOS GÓMEZ & CIA. E.S.P. gracias a su naturaleza como distribuidor minorista de GLP (gas licuado del petróleo).

A través de la recolección de datos y el análisis directo de la información obtenida, fue posible elaborar un diagnóstico del proceso llevado a cabo por la empresa, logrando identificar las variables más adecuadas para estructurar un nuevo sistema de asignación de rutas, con la ayuda de herramientas informáticas y el uso de modelos de redes.

INTRODUCCIÓN

La investigación muestra un análisis al proceso de comercialización de la empresa GRANADOS GÓMEZ & CIA. S.A. E.S.P. y evalúa un segmento de su área de distribución, con el objetivo de mejorar y optimizar la entrega del producto a los diferentes clientes de la empresa; dado a que en Colombia, el mercado del GLP ha venido decreciendo en los últimos años, desencadenando que la competencia entre las diferentes compañías sea cada vez más arraigada, y sea necesario buscar nuevos métodos que permitan obtener una ventaja competitiva; para tal efecto la logística muestra una ventana de oportunidad que puede ser de provecho para aumentar los beneficios obtenidos en la distribución, gracias a que permite planificar de forma más eficiente y efectiva el flujo de productos hacia el consumidor final.

A través del seguimiento a las rutas de los vehículos se planeó descubrir los principales puntos de inflexión que abrieran una oportunidad para mejorar el proceso de distribución, identificando el ámbito más relevante y que aporta una mayor probabilidad de éxito para las ventas de la compañía, tomando en cuenta en todo momento la búsqueda de la eficiencia en el proceso, así como el correcto diagnóstico de todos los factores influyentes al momento de estructurar un nuevo modelo de asignación de rutas; sin embargo, pretender realizar la asignación a cada vehículo de la compañía sería plantear metas poco realistas y desfasadas al alcance y tiempo para realizar la investigación, ya que el volumen de clientes es demasiado extenso y fue necesario limitar el estudio a zonas específicas, las cuales fueran representativas y reflejaran de la manera más próxima el comportamiento general de los clientes, obteniendo así, un sistema que a pesar de estar limitado por datos netamente específicos tiene una gran aplicabilidad dentro de GRANADOS GÓMEZ & CÍA. S.A. E.S.P. a fin de que se logren aprovechar mejor las oportunidades de mejora y su proceso de distribución se realice de la manera más eficiente posible.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actividad económica que desarrolla GRANADOS GÓMEZ & CÍA. S.A. E.S.P. se ve expuesta a distintos factores que dificultan el desarrollo del proceso de distribución, entre los cuales destaca la asignación de la flota vehicular, generando problemas logísticos, tiempos desaprovechados, costos innecesarios y posiblemente, pérdida del mercado frente a la competencia. Por tal motivo es necesario mejorar la logística de distribución en la empresa debido al declive del uso del GLP en Boyacá, para lograr que los clientes sean fidelizados y así aprovechar el mercado actual, teniendo en cuenta el comportamiento de los consumidores y la reducción de costos de transporte.

■ OBJETIVO

Objetivo General:

Determinar las variables críticas que permitan optimizar la logística de distribución y diseñar un sistema de ruteo vehicular en la empresa GRANADOS GÓMEZ & CIA S. A E.S.P.

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar el comportamiento actual de la logística de distribución, en relación con el volumen de ventas y los clientes de la compañía, mediante la recopilación de información y seguimiento a las rutas establecidas.
- Realizar un análisis de las variables obtenidas durante la fase de diagnóstico, con la selección de rutas específicas, para lograr mejoras logísticas dentro del proceso de distribución.
- Plantear una nueva metodología para la asignación de rutas, con el fin de lograr una mayor eficiencia en la distribución, partiendo de la reducción de costos operativos y el comportamiento del mercado.



■ METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto presenta rasgos de una investigación descriptiva, debido a que se analizaron fenómenos o sujetos de forma cualitativa, antes de hacerlo de forma cuantitativa, tratando de comprender lo estudiado y buscando obtener una solución al problema planteado. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2003)

Desarrollando el proyecto en tres etapas generales; primeramente, la recolección de la información necesaria para realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, obteniendo dicha información tanto de fuentes primarias, gracias a encuestas, entrevistas y la observación directa por parte de los autores; como de fuentes secundarias, ya sea a partir de las bases de datos de la organización, o de libros y artículos que tuvieran relación con el GLP y fueran de ayuda para estudiar el proceder de la organización.

En la segunda etapa de la investigación se realizó el análisis de la información recopilada y la determinación de las variables, las cuales se clasificaron a través de la cuantificación de las mismas mediante la aplicación de encuestas al personal de la organización y la ponderación porcentual por parte de los autores, ayudando dentro de la etapa posterior a crear un modelo de asignación de rutas acorde a la naturaleza de los clientes, realizando el recorrido al menor costo posible, con el fin de mejorar la distribución del producto dentro del alcance geográfico delimitado.

■ RESULTADOS

Una vez realizado el diagnóstico a la operación de la empresa, se encontraron dos enfoques que permitieron conocer más detalladamente la situación del proceso de distribución siendo estos, el cubrimiento del mercado y las características de los clientes.

La empresa cuenta con amplia cobertura de mercado en Boyacá, donde se encuentran dispersados gran parte de los clientes que posee la organización, logrando obtener un 12% de aportación al volumen de ventas total, siendo una la única empresa regional en lograr consolidar una buena parte del mercado, donde el 74% de dichas ventas corresponde a una sola referencia de cilindro, adicionalmente, se encontraron distintos tipos de clientes distribuidos en industriales, comerciales y residenciales, de los cuales estos últimos conforman el núcleo de ventas principal de la compañía.

Dentro del análisis realizado al proceso de distribución de la empresa se agruparon los factores dividiéndolos en tres grupos principales, siendo estos, el mercado, la administración y la operación, donde el mercado toma una participación mayor dentro de la logística de distribución, con un 59 % frente a los demás aspectos.

Una vez determinadas las variables dentro del proceso el uso de la georeferenciación permitió conocer aquellos clientes que se encuentran dentro de la ruta de más de un conductor, siendo en promedio un 21% de los clientes de cada zona los que intersectan más de una ruta de distribución, para tal efecto se diseñó un modelo basado en el mínimo costo recorrido por el vehículo, dando como resultado una reducción del 4.2% de los costos operativos calculados inicialmente, sin embargo la volatilidad de la demanda hace que mantener esas rutas óptimas

sea muy poco apegado a la realidad por lo que fue necesario plantear otro enfoque para el modelo, basándolo en la densidad de clientes y clasificándolos jerárquicamente de acuerdo a sus propiedades, como la frecuencia de compra, a través de este enfoque se plantea recorrer el 80 % de la distancia actual de la ruta, teniendo la mayor probabilidad posible de cumplir con el promedio de ventas establecido para cada conductor.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El proyecto de optimización logística tiene como campo de aplicación todo el proceso de distribución de la empresa GRANADOS GOMEZ & CIA S.A. E.S.P. sin embargo, el proceso debe ponerse a prueba en una zona específica, y una vez corroborados los resultados proceder a aplicarla a toda la organización.

Sin embargo, este mismo estudio y metodología de asignación de rutas puede aplicarse y mejorarse en cualquier empresa del sector, o en una empresa distribuidora o intermediaria que posea una cobertura territorial extensa y su mercado de clientes conserve una demanda volátil.

■ CONCLUSIONES

- Optimizar la logística de distribución de GRANADOS GÓMEZ S.A. E.S.P. es posible siempre y cuando se tengan en cuenta las variables que repercuten en el reparto del producto, enfocando las rutas en obtener las mayores ventas posibles independientemente del desplazamiento del vehículo.
- La observación directa del proceso, fue un factor clave que permitió conocer más detalladamente la distribución del GLP, involucrando distintas perspectivas de diferentes áreas en la organización, adicionalmente fue posible dilucidar la percepción de los clientes acerca de la compañía, la relación de estos con los conductores, así como la competencia vivida con las demás empresas del sector.
- El mercado desarrolla un papel muy importante en el proceso logístico de la empresa ya que es a partir de los clientes que se estructura la cadena de distribución del producto, por tal echo es imperativo mantener y fidelizar los clientes con los que cuenta la organización, ya que en este sector comercial no existe un mercado potencial amplio, debido a las características geográficas de la zona, el aumento de compañías competidoras y la expansión del gas natural.
- El uso de nuevos métodos de análisis de información, como herramientas cartográficas o el uso de software, brinda una opción de mejora al proceso de distribución del producto, razón por la cual el modelo desarrollado con estas herramientas es planteado como una alternativa para las rutas de reparto actuales.

■ BIBLIOGRAFÍA

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación cualitativa. Obtenido de https://asesoriatesis1960.blogspot.com/2010/09/asesoria-de-tesis-trabajos-de-grado-e_05.html



SISTEMA DE BOMBEO SOLAR AUTOMATIZADO PARA COMUNIDAD WAYÚU DE ALAKAT “WÜIN-KA’I”.

Lemnec E. Tiller Avellaneda, Johann Barragán Gómez, Yecid A. Muñoz Maldonado

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Semillero de Investigación en Instrumentación y Control SIMKTK.

Temática: Energía

Justificación de temática: La autonomía en el suministro de agua a la comunidad Wayúu asentada en la península de La Guajira, haciendo uso de la potente irradiación solar de la locación, con infraestructura que no impacte el paisaje e integrado a la comunidad en su construcción y posterior administración, hace que este proyecto se focalice en esta temática.

RESUMEN

El Sistema de Bombeo Automatizado usa paneles solares como fuente no convencional de energización el cual provee con aproximadamente 4000 L de agua al día brindando un acceso seguro y totalmente autónomo al agua a la comunidad indígena Wayúu de Alakat (Maicao, La Guajira) cuya población asciende a los 400 habitantes. El diseño e instalación del sistema se llevó a cabo de la mano de la comunidad, quienes hicieron parte fundamental en la estructuración y construcción del pozo artesiano de aproximadamente 17 metros de profundidad totalmente a mano, en un periodo de 4 meses; de esta manera se propicia un tejido social entre los conocimientos ancestrales y los procesos tecnológicos de última generación como propuesta innovadora. La administración y el mantenimiento es dirigido por personal capacitado de la misma comunidad indígena empoderada, a quienes se les fue entregado un manual en Español-Wayuunaiki (su lengua nativa).

INTRODUCCIÓN

El pueblo Wayúu asentado en la península de la Guajira Colombiana durante años se ha caracterizado por soportar la inclemencia del clima, escasez de alimentos y olvido gubernamental. Factores que sumándose a las bajas tasas de pluviosidad anual (con promedios que oscilan entre 100 y 500 mm por año con tiempo de lluvias de dos o tres meses) comprometen la sustentabilidad, no solamente del medio sino de sus habitantes, siendo así vulnerado el derecho a una vida digna, citado en el artículo 2 de la constitución política de Colombia. La comunidad de Alakat (municipio de Maicao) constituida por al menos 60 núcleos familiares (aproximadamente 400 personas), ubicada a 40 minutos de la ciudad de Riohacha capital del departamento de la Guajira, no es ajena a esta problemática, lo cual se ve reflejado en el aumento en la tasa de desnutrición y deshidratación en dicha comunidad. Una solución integral a la problemática del acceso seguro y totalmente autónomo al recurso hídrico es la extracción por medio de un

sistema de bombeo solar automatizado en pozo profundo construido a mano por la comunidad con las metodologías arquitectónicas ancestrales, donde se extraen aproximadamente 4000 litros de agua por día almacenados en dos tanques con capacidad de 2000 litros cada uno, suficientes para suministrar a cada persona con al menos 10 litros de agua para satisfacer sus necesidades diarias. El sistema de bombeo se energiza por medio del uso de paneles solares como fuente energética sostenible y económica, haciendo aprovechamiento del alto índice de radiación solar que ofrecen las condiciones climatológicas de la región. El valor agregado del proyecto se desenvuelve en el tejido social entre los conocimientos ancestrales aportados por los habitantes de la Comunidad de Alakat y las técnicas y tecnologías proporcionadas desde el diseño ingenieril.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente según el PNUD un indígena Wayúu consume aproximadamente al día 0.7 litros de agua, problemática que se acrecienta si añadimos la ausencia de metodologías de desalinización y potabilización, de igual manera, el acceso al agua potable implica grandes esfuerzos en su extracción y transporte, generando grandes gastos energéticos en los habitantes de la región.

La integración por parte de los organismos que intervienen en soluciones desde la ingeniería para la consecución y acceso a los acuíferos, la mayoría de las veces no realizan la respectiva integración de la comunidad en su instalación ni mucho menos en sus procesos de administración y asesoría en mantenimientos preventivos y correctivos, generando así un desconocimiento total por parte de la comunidad indígena sobre la solución instalada y su consecuente detrimento.

■ OBJETIVOS

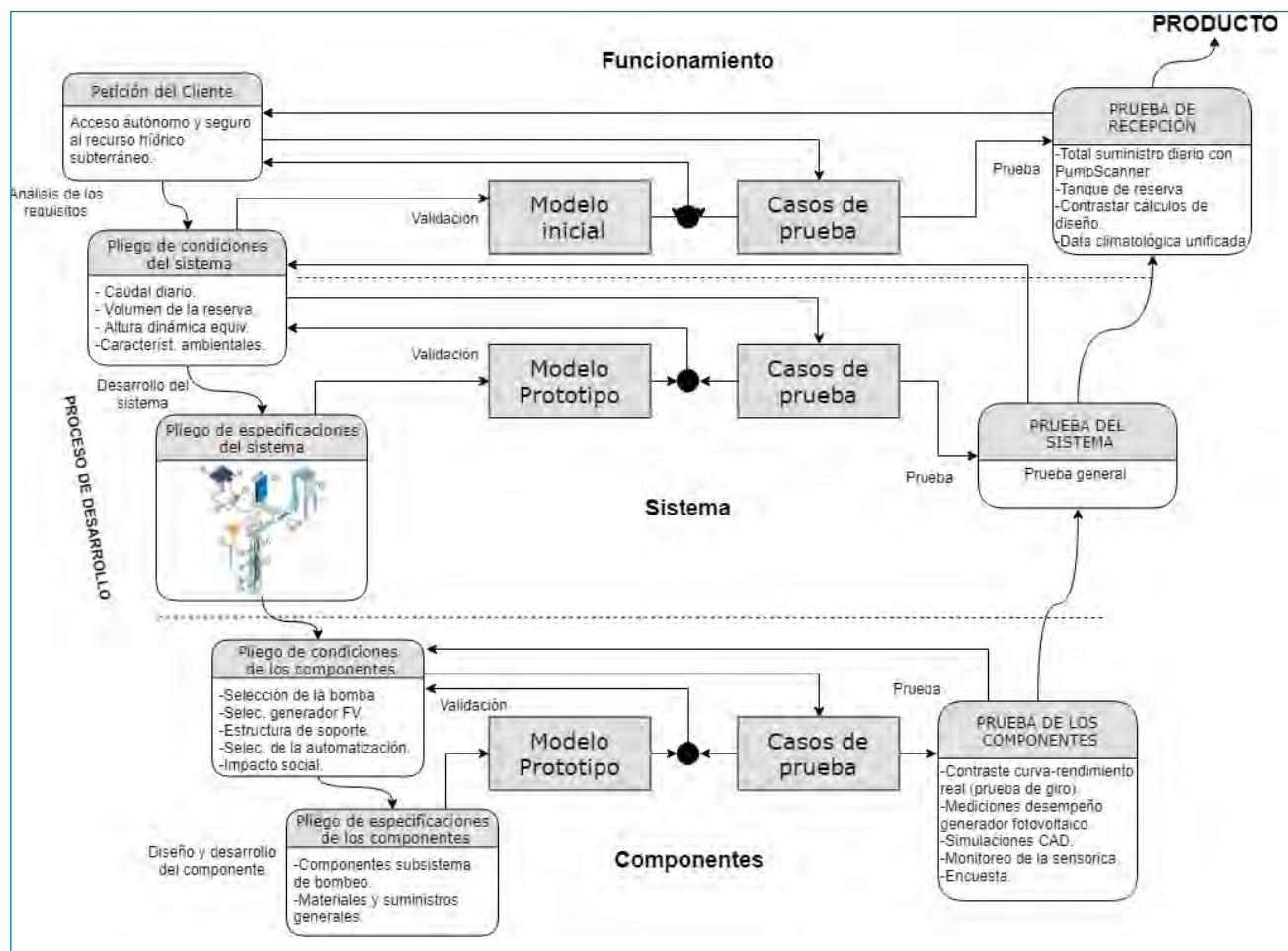
- Diseñar un Sistema de Bombeo Solar Automatizado para suministro de agua.
- Ensamblar el Sistema de Bombeo Solar Automatizado para suministro de agua a la comunidad Wayúu de Alakat – Maicao, La Guajira.
- Automatizar el sistema de encendido de la bomba a partir del nivel de agua en tanques y pozo.
- Validar el diseño del Sistema de Bombeo Solar Automatizado para abastecimiento de agua.

■ METODOLOGÍA

Atendiendo a los requerimientos de diseño, se hace necesario identificar una metodología integral que especifique las diferentes etapas asociadas a la solución de cómo y de qué manera serán atendidas dichas necesidades. Se planteó usar el **modelo en V** relacionando las distintas fases de la génesis del producto: análisis de los requisitos, desarrollo e implementación del sistema de bombeo solar para su final instalación en la Comunidad Wayúu de Alakat.



Se identifica el pliego de condiciones referente a las especificaciones de los requisitos (qué aplicadas particularmente a la necesidad planteada para el proyecto. Consecutivamente, son definidas las especificaciones del proyecto en forma de pliego de especificaciones describiendo cómo satisfacer cada uno de los requisitos. A partir de este punto se puede precisar el modelo y los casos de prueba para realizar una validación precisa del método. Dicho procedimiento se replica en cada uno de los niveles de detalle del proyecto.



■ RESULTADOS

Siendo el mayor de los logros de este proyecto, proveer a la comunidad Wayúu de Alakat con aproximadamente 4000 L/día de agua y así mejorar su calidad de vida al brindar acceso seguro y autónomo al agua, como lo está haciendo en estos momentos, reemplazando la metodología tradicional de extracción por molinete la cual genera un alto gasto calórico en condiciones alimentarias bastante precarias; se realizó la validación durante 15 días calendario desde el 27 de diciembre de 2018 al 11 de enero de 2019 arrojando como resultado un total extraído de 20,31 [m³] de los cuales 19,42 [m³] fueron usados por la comunidad para su propio consumo y el de sus animales, en un total de trabajo del sistema de 17,9 horas. Es importante recalcar el impacto positivo en temas ambientales, pues se hace uso de energías limpias, se genera conciencia social sobre el racionamiento del líquido y además se hizo la

instalación de bebederos al ras del suelo para proveer a los animales salvajes, quienes también son beneficiados por el sistema.

Se ha generado un piloto que permite una replicabilidad no solo en las diferentes comunidades de la Guajira, si no a nivel nacional. El proyecto, igualmente presenta datos de desempeño, que generan información valiosa para futuros proyectos en esta línea de investigación, especialmente en el caso de la UNAB, donde se ha generado entre los programas de Ingeniería Mecatrónica y en Energías, para dar una respuesta a las necesidades de las comunidades. En el caso de la comunidad impactada, la iniciativa ha generado una motivación a iniciar procesos educativos enfocados a soluciones para las amplias necesidades que presenta la comunidad.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

La aplicabilidad de este proyecto radica en el apoyo a comunidades aisladas en el suministro seguro y autónomo de agua, asimismo, el aprovechamiento de recursos renovables energéticos y la integración de talento humano propio de la región.

■ CONCLUSIONES

- Basados en el contraste entre el desempeño del prototipo y la metodología artesanal de extracción de agua (mediante molinillo), se concluye que el tiempo destinado para dicha labor se redujo a casi trece veces, pues en un principio se demoraban aproximadamente minuto y medio en el llenado de un balde (aprox. 16.67 L) y con la implementación del sistema de bombeo solamente siete segundos.
- Habiendo analizado los resultados de la simulación hecha en PvSyst se concluye que la irradiación global horizontal en la locación captada por los paneles fotovoltaicos (promedio 6.25 kWh/m². día) puede servir para abastecer un próximo proyecto productivo, puesto que el tiempo de trabajo de la bomba en un día es corto (3-4 horas aprox.) y la mayoría del tiempo los tanques de almacenamiento permanecen llenos.
- Se concluye que, durante el periodo de validación, la comunidad consumió 1165 baldes (c/u 16.6 lts.), que en términos de suministro el sistema abastece una relación de 95.61% la cantidad de líquido bombeado.
- Haciendo el comparativo entre la simulación de PvSyst con los datos experimentales se puede concluir que la cantidad de agua bombeada en el lapso de una hora se aproxima a los 0.7 m³ y el periodo de funcionamiento promedio de la bomba en el día es de 7:30 am a 9:30.

■ BIBLIOGRAFÍA

The World Bank Group. (2017). Solar Water Pumping for Sustainable Water Supply. Recuperado de <http://www.worldbank.org/en/topic/water/brief/solar-pumping>.



- Katan RE, Agelidis VG, Nayar CV. Performance analysis of a solar water pumping system. In: Proceedings of the 1996 IEEE international conference on power electronics, drives, and energy systems for industrial growth (PEDES); 1996. p. 81–7.
- Fedrizzi MC, Ribeiro FS, Zilles R. Lessons from field experiences with photovoltaic pumping systems in traditional communities. *Energy Sustain Dev* 2009;13:64–70.
- Cerrejón – Sala de prensa (2016). Cerrejón le informa a la opinión pública. Recuperado de <http://www.cerrejon.com/site/sala-de-prensa/archivo-de-noticias/cerrejon-le-informa-la-opinion-publica.aspx>.
- Abella M. Chenlo Romero F. “Sistemas de Bombeo Fotovoltaico”, Master en Energías Renovables y Mercado Energético – Escuela de Organización Industrial CIEMAT.
- BOSH R.; “Manual de la técnica del automóvil” 4ta edición. (2006) Pag. 108 -113.
- PvSyst 6. “Pumping: Deep well system” (2018) Recuperado de http://files.pvsyst.com/help/index.html?pumping_deep_well.htm.
- BERNT LORENTZ GMBH & Co. KG. Manual de Instalación y operación PS2 – 200. Siebenstücken 24 – Henstedt-Ulzburg, Alemania.;2016.



DISEÑO Y SIMULACION DE GALGAS EXTENSOMÉTRICAS PARA LA REDUCCIÓN DE FACTORES EXTERNOS COMO TEMPERATURA, PRESION.

C. Castiblanco¹, W. Reyes², C. Tellez³

Universidad Católica de Colombia

Semillero RF M.E.M.S

Temática: Materiales

Justificación de temática: Este proyecto se postula a la temática de Materiales, ya que se hace el uso de materiales naturales para poder observar y analizar el comportamiento tanto eléctrico y mecánico para realizar la implementación en sensores de galgas extensométricas lineales haciendo el uso de tecnología M.E.M.S.

RESUMEN

En este trabajo se muestra la simulación de una galga extensométrica, para medir deformación o presión en distintas aplicaciones de la industria (ej. Aeronáutica). La simulación se realizó con el software COMSOL Multiphysics 5.2, donde se generó una galga de 3 meandros lineales y fue sometida a factores externos tales como temperatura y fuerza, dando como resultado la relación al factor de la galga, módulo de Young, entre otros. También se utilizaron materiales como grafeno, plata y papel, frente al diseño de la galga extensométrica de 3 meandros lineal con el objetivo de reducir sus dimensiones en micrómetros.

INTRODUCCIÓN

En la industria en general (e.j. industria aeronáutica), es muy importante poder llegar a la obtención de un sistema de medición, que mantenga un monitoreo continuo de las diversas partes mecánicas. Debido a esta situación, aparecen las galgas extensométricas como una solución al proceso de monitoreo, ya que este tipo de dispositivos, pueden obtener mediciones precisas de los parámetros (ej. deformaciones que sufren los componentes mecánicos) y en el caso más extremo, se pueden lograr detectar a tiempo, posibles rupturas de dichos componentes.

1 cccastiblanco86@ucatolica.edu.co

2 wyarevalo99@ucatolica.edu.co

3 cetellez@ucatolica.edu.co



Teniendo esto como precedente, las galgas extensométricas se definen como un transductor basado en el principio extensométrico, la cual, al ser sometido a algún efecto mecánico (ej. tensión, presión, etc.) varía su resistencia, siendo capaz de convertir pequeñas deformaciones de un material en medidas cuantificables.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la industria en general se observa que el tamaño de las galgas extensométricas lineales se convierte en un inconveniente a la hora de ser implementadas, ya que este limita las posibles aplicaciones de las mismas. Asimismo, al ser reducido su tamaño se podrán obtener mejoras en la precisión de las medidas mediante el uso de tecnología M.E.M.S. ya que las galgas extensométricas lineales existentes presentan mediciones erróneas en presencia de factores externos como presión y temperatura. Su rendimiento y tiempo de vida puede variar según su utilidad, por lo tanto:

¿Cuáles son los materiales y parámetros de diseño más adecuados para minimizar los impactos generados por factores externos como temperatura y presión en las aplicaciones de las galgas extensométricas lineales utilizando tecnología M.E.M.S?

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar galgas extensométricas lineales mediante el uso de tecnología MEMS para reducir el impacto de factores externos: Temperatura y Presión en dichos dispositivos.

Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre los fenómenos físicos – mecánicos de las galgas extensométricas lineales a escala micrométrica y a su vez los factores externos inmersos en su diseño.
- Evaluar diversas geometrías de diseño para las galgas extensométricas lineales.
- Calcular el comportamiento eléctrico y mecánico de los materiales utilizados en los sustratos: Papel e interconexiones: Plata y Grafeno para el diseño de la galga extensométrica lineal propuesta.
- Validar por medio de una herramienta de simulación, los cálculos eléctricos y mecánicos usando los factores externos: Temperatura y mecánicos: Presión a los que son sometidos las diversas geometrías de galgas extensométricas lineales.
- Analizar los datos obtenidos en el ambiente de simulación para la optimización del diseño de las galgas extensométricas lineales.

METODOLOGÍA

En la Figura 1 se puede apreciar de los pasos seguidos, donde se evidencia como primer paso evaluar diversas geometrías, en segundo se evidencia calcular comportamiento eléctrico y mecánico con su respectivo análisis y como último la simulación en el Software Multiphysics 5.2.

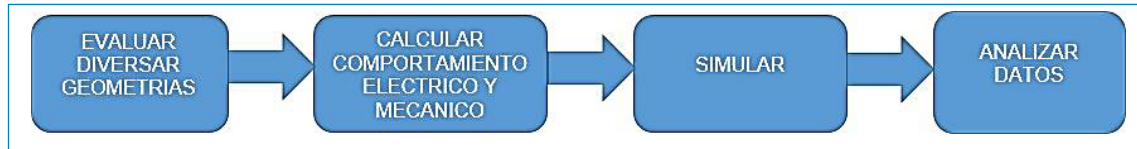


Figura. 1. Pasos seguidos para el desarrollo

- A. **Evaluar diversas geometrías:** En el presente artículo se hizo el diseño de las galgas extensométricas lineales con distintas geometrías con el fin de poder apreciar cual tenía mejor comportamiento mecánico y eléctrico, cuando es sometida a factores externos como la presión y temperatura los cuales son simulados en el Software Multiphysics 5.2
- B. **Calcular el comportamiento eléctrico y mecánico, y análisis:** Con las ecuaciones presentes en la parte 2 del presente artículo, se realizó los cálculos del comportamiento tanto eléctricos y mecánicos, también se logró calcular el Gauge Factor el cual es el parámetro más importante en el sensor de galga extensométrica lineal.
- **Calculo de Gauge Factor:** En la Figura 2 se observa el gauge factor de la galga extensométrica lineal de 3 meandros con conductor de grafeno con su variación debido a los cambios en la longitud de la galga.

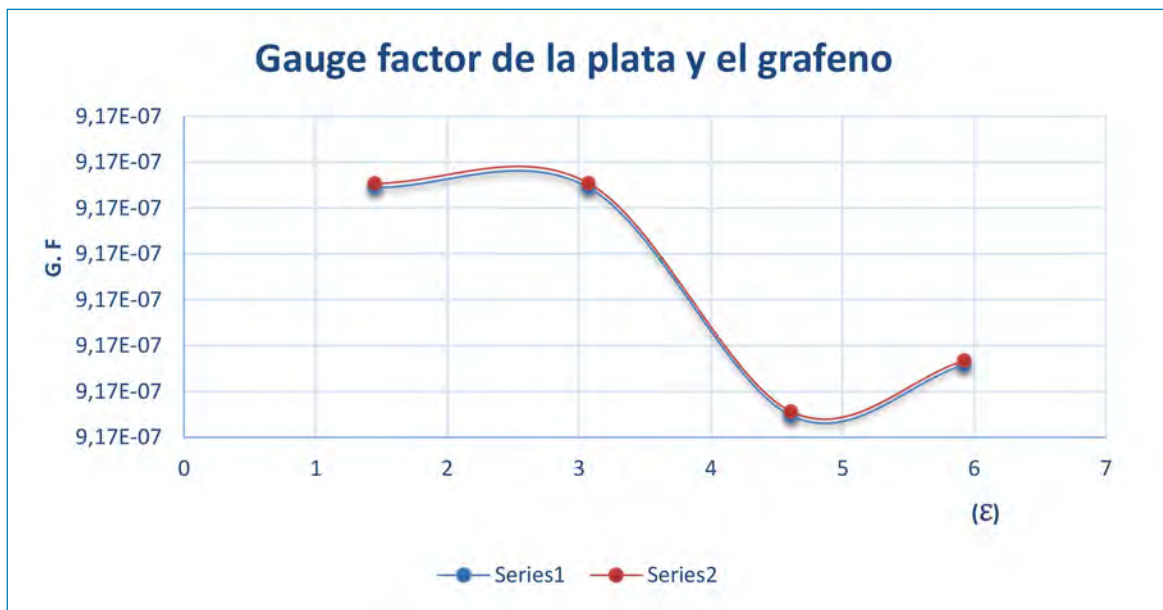


Figura 2. Gauge factor del grafeno y la plata



Como se puede apreciar en la Figura. 2 el valor del gauge factor del grafeno y de la plata, donde la gráfica serie 1, representa el gauge factor de la plata y serie 2 es el gauge factor del grafeno.

- **Módulo de Young:** En la Figura. 4 se evidencia el módulo de Young de la galga extensométrica lineal el cual se encuentra conforme se varía la fuerza aplicada y la deformación unitaria.

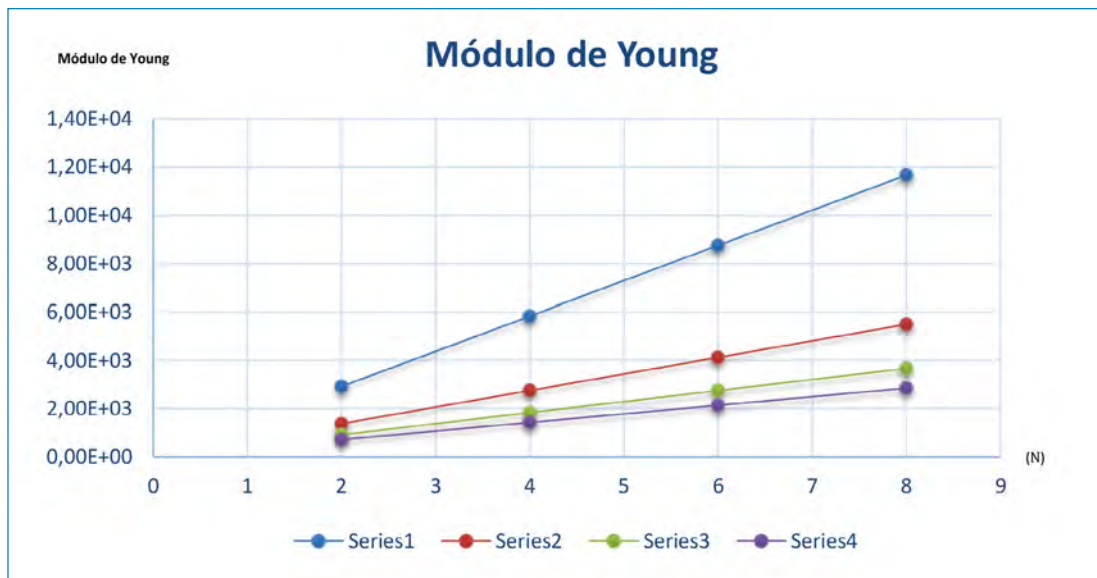


Figura 3. Módulo de Young del meandro de la galga extensométrica lineal de 3 meandros

En la Figura. 3 podemos ver los respectivos módulos de Young obtenidos a través de la ecuación del Módulo de Young, con las distintas fuerzas aplicadas, donde se puede apreciar que a mayor deformación unitaria el módulo de Young es inferior. Cada serie es descrita a continuación:

- Serie 1 = módulo de Young para $f = 2,4,6$ y $8N$ y $\epsilon = 32$
- Serie 2 = módulo de Young para $f = 2,4,6$ y $8N$ y $\epsilon = 67$
- Serie 3 = módulo de Young para $f = 2,4,6$ y $8N$ y $\epsilon = 98$
- Serie 4 = módulo de Young para $f = 2,4,6$ y $8N$ y $\epsilon = 130$

En las series 1,2,3 y 4 se puede observar de manera gráfica el módulo de Young de la galga extensométrica lineal de 3 meandros con bordes cuadrados el cual se halló mediante una fuerza de 2,4,6 y 8 N sobre el área total de la galga extensométrica lineal y esto conforme a las variaciones de la deformación unitaria.

■ RESULTADOS

- En las simulaciones hay un punto importante a tener en cuenta de las respectivas simulaciones, y son las partes donde se une la rejilla con los electrodos de la galga extensométrica lineal,

ya que como se puede apreciar existen colores con apariencia amarilla en la Figura 4, y esto indica que la galga en estos puntos puede sufrir fracturas con el tiempo con ello reduciendo la vida útil de dicho sensor.

- Las galgas extensométricas lineales de 3 meandros con bordes cuadrados con sustrato de papel y rejilla de grafeno la cual tuvo muy poca afectación con una temperatura de 226.89 °C, esta temperatura es muy cercana a la soportada por el papel antes de su combustión que es a los 233 °C.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Aeronáutica, Biomedicina, Deportistas de alto rendimiento y Otros campos industriales

■ CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta las propiedades eléctricas y mecánicas del grafeno, brinda varias ventajas con relación en el flujo de electrones, oxidación, conductividad térmica, entre otros, que resultan de gran importancia al momento de ser sometida la galga extensométrica lineal a factores externos como temperatura y presión.
- Frente a los resultados de las simulaciones, se puede evidenciar que se tienen puntos críticos donde la galga extensométrica lineal puede sufrir fracturas cuando esta es sometida al factor externo de presión
- El factor externo de temperatura se ve claramente en las simulaciones que el sensor tiene poca afectación al momento de ser sometida a una temperatura muy cercana a la temperatura de combustión del papel.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] G, Ruíz. *"Diseño, construcción y caracterización de un sensor para medir cargas a tensión por extensométrica"*. Tesis. Ingeniero en Electrónica. Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca. Facultad de Ingeniería, 2005. 108 p. Disponible en: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9676.pdf
- [2] G, Esquer. *"Determinación de la sensibilidad y efectos de agentes externos en galgas extensométricas"*. Tesis. Maestro en Ingeniería Mecánica. México D.F. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2013. 172 p. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17813/1/Determinacion%20de%20la%20sensibilidad%20y%20efectos%20de%20agentes%20externos%20en%20galgas%20extensometricas.pdf>
- [3] A, Beiser. Elasticidad. En: Física Aplicada. 2 ed. México D, F: Mc Graw-Hill, 1991. 415 p. Disponible en: ProQuest Ebook Central.



ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS CON FINES ENERGÉTICOS: CASO DE ESTUDIO AEROPUERTO JOSÉ MARÍA CÓRDOVA

Tatiana Zuluaga Alzate, David Alejandro Gálvez Sánchez,
David Alejandro Granados Morales

Universidad Católica de Oriente

Temática: Energía

Justificación de temática: Este proyecto busca el aprovechamiento de fuentes renovables, como es el residuo orgánico de restaurantes (biomasa), por medio de la torrefacción, con miras a la generación de combustible sólido y mejorar eficiencia energética de los procesos productivos. Mediante este proceso se aporta a la disminución de contaminantes, como consecuencia de las disposiciones finales que actualmente se realizan con este tipo de residuos.

RESUMEN

Se realizó un estudio en los restaurantes del aeropuerto JMC, en donde la generación de residuos fue identificada, caracterizada y cuantificada con el fin de determinar el potencial energético de este material. Estos residuos orgánicos son capturados y caracterizados según su humedad, densidad, análisis elemental y próximo, materiales volátiles y del poder calorífico luego de estar completamente seco. A través de esta información, es posible entonces, realizar un proceso térmico de transformación de este material con el cual se pueda mejorar desde el punto de vista energético y aprovecharlo en procesos de generación de energía para el consumo propio.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día una de las principales preocupaciones alrededor del mundo trata sobre las problemáticas energéticas; la mayoría de las investigaciones en temas energéticos están enfocando sus esfuerzos hacia la reducción del impacto ambiental a comparación de la utilización de combustibles fósiles.

Las biomásas son todos los recursos de origen biológico como puede ser el vegetal, animal o productos de su transformación, que energéticamente se utilizan para obtener combustibles energéticos también denominados biocombustibles. La Biomasa posee un balance energético muy positivo, ya que la energía neta contenida en ella es superior a la gastada en la obtención del cultivo y en los procesos de obtención de biocombustible. Cuando esta biomasa es tratada en procesos térmicos, las emisiones salientes no son catalogadas como contaminantes (Arévalo 2014; Romero Salvador 2010).

En la actualidad los desperdicios de alimentos representan un gran porcentaje en la categoría de residuos generados a nivel mundial. Estos son distinguidos porque tienen un contenido de humedad relativamente alto (más del 70%); un porcentaje de volatilidad y valor del calentamiento (HHV) bajos, pero son propensos a la descomposición bacteriana. Cuando estos residuos son sepultados o llevados a la tierra liberan olores tóxicos y desagradables; adicional a la producción de lixiviados y emisiones de gases que causan impactos ambientales altos ocasionando que el efecto invernadero sea inevitable. Los restos de comida son materia orgánica principalmente lignocelulósicos y constituyen un recurso sin explotar para la producción de biocombustibles y productos químicos con aplicaciones de alto valor (Rago, Surroop, and Mohee 2018).

La mayor preocupación por contaminación del aire en Colombia se da en la ciudad de Medellín, que ha alcanzado hasta un 74 % de contaminación en el aire, lo que obliga al departamento de Antioquia a buscar alternativas de soluciones de energía sostenible y renovable. Por supuesto el aeropuerto internacional JMC desea contribuir y pensar más allá de arrojar desperdicios orgánicos a vertederos y generar nuevas opciones para este tipo de residuos ya que presentan un potencial energético para ser transformados por procesos térmicos como la torrefacción.

La torrefacción es un método para el mejoramiento de las propiedades de la biomasa como combustible sólido que consiste en calentar lentamente el material para mejorar su contenido energético, se ha presentado como uno de los elementos constituyentes de la solución para la implantación de la bioenergía a gran escala. Consiste en un calentamiento lento de la biomasa, entre 10-50°C/min en una atmósfera inerte en un rango de temperatura entre 200-300°C. Se produce un producto sólido uniforme con bajo contenido de humedad y alto poder calorífico comparado con la biomasa inicial. El calentamiento remueve además nuevas cantidades de agua producto de las reacciones químicas de deshidratación, el cual ocurre por encima de 180°C, así como la formación de CO y CO₂. A temperaturas entre 180-270°C tienen lugar una reacción exotérmica, así como le sigue la degradación de la hemicelulosa. La biomasa comienza a tostarse y desprende humedad, CO₂ y grandes cantidades de ácido acético con algunos fenoles los cuales son de bajo valor energético, lo que permite que el material torrefactado tenga mayor densidad energética y más contenido de carbono en la masa resultante, ya que la masa que libera es considerablemente mayor a la energía que libera, lo que hace que el poder calorífico de la biomasa aumente hasta un 44%.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La disposición final actual de los residuos orgánicos en el aeropuerto JMC, son los rellenos sanitarios y composteras. Estas dos alternativas, a pesar de representar una solución para el tratamiento de estos residuos, tienen asociados algunos problemas relacionados con problemas ambientales debido a los vectores que atraen (moscas, mosquitos, roedores y pestes) y a emisiones de gases de efecto invernadero (lixiviados, metano, ...) e incluso puede afectar la operación aérea por atracción de aves. Las cantidades de residuos orgánicos generadas en el aeropuerto no son despreciables, y desde el punto de vista energético, podrían ser aprovechados de una mejor manera.



■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el potencial energético como combustible sólido de los residuos orgánicos generados en el aeropuerto José María Córdova de la ciudad de Rionegro.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar los residuos sólidos generados en el aeropuerto por tipología.
- Desarrollar una estrategia para la recolección de muestras de los residuos orgánicos del aeropuerto.
- Caracterizar los residuos orgánicos desde el punto de vista energético.
- Realizar pruebas experimentales de torrefacción y evaluar rendimientos.
- Caracterizar los productos sólidos obtenidos en el proceso.

■ METODOLOGÍA

1. Identificación de puntos generadores y determinación de tipología de los residuos
2. Problemáticas y alternativas de aprovechamiento
3. Muestreo
4. Secado y trituración de la muestra
5. Caracterización de la muestra antes y después del proceso de torrefacción
6. Torrefacción del material orgánico

■ RESULTADOS

Se encontró que se generan aproximadamente 16 toneladas de residuos orgánicos mensuales en el aeropuerto, donde se encontraron 15 problemáticas sobresalientes en cuanto a estos residuos, con los cuales se realiza un análisis por medio de las metodologías de matriz de impacto cruzado y árbol de problemas, y se llegó a la conclusión que para combatir estos problemas principalmente se debe buscar una alternativa de aprovechamiento de estos, por lo cual se consultó la guía técnica colombiana para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos, donde se preseleccionaron dos posibles alternativas para el aprovechamiento de estos residuos: el aprovechamiento por medio de compostaje (método actual) y por medio de un tratamiento termoquímico de una biomasa como es la torrefacción. Con el fin de determinar cuál era la más viable, se realizó un perfil estratégico, mirando factores claves del entorno como: Dimensión sociocultural, Dimensión económica, Dimensión tecnológica y Dimensión política-legal. Del perfil estratégico y análisis de conveniencia se obtiene unos resultados favorables para el proyecto de torrefacción ya que dentro del rango de 3-4 el proyecto es catalogado como

positivo, por lo contrario, el de compostaje nos arroja un puntaje dentro del rango 2-3 donde el proyecto se cataloga como indiferente; por lo cual se selecciona la torrefacción como alternativa de energía renovable recomendada.

El proceso de torrefacción se realizó con tres temperaturas diferentes, las cuales fueron 220°C, 250°C y 280°C con el fin de capturar información en todo el rango del proceso. Durante el proceso, se monitoreó constantemente la masa del material y los volátiles. Las biomásas son impactadas por la temperatura y el tiempo en el que la biomasa permanece en esta temperatura. Aproximadamente muestras de 10 mg fueron sometidas al proceso térmico, con lo que es posible concluir que para una temperatura de 220°C la biomasa pierde aproximadamente el 20% de su masa en volátiles. Para la temperatura de 250°C, la biomasa pierde una masa de aproximadamente 35% y de 55% para una temperatura de 280°C. Por lo tanto a menor temperatura, menos masa y energía pierde el material y aumentan con aumentos de la temperatura. En cada condición térmica, el porcentaje de masa que se pierde es mayor que el porcentaje de energía perdida. Este comportamiento hace que se presente una densificación energética en el material, comportamiento que hace llamativo este proceso térmico.

La generación de volátiles para diferentes temperaturas del proceso de torrefacción. Cuando la temperatura es baja, los gases detectados, como el caso de CH_4 y CO_2 , en sus bajas cantidades, indican que la biomasa apenas inicia su proceso de descomposición. Las especies detectadas O_2 y N_2 son consecuencia de mala purga del reactor y del gas inerte alimentado al proceso para garantizar atmósfera inerte, respectivamente. A 250°C, se observa un aumento en la cantidad de CO_2 generado, respecto al CH_4 , esto indica que las reacciones en la biomasa, principalmente de deshidratación, toman mayor fuerza. Cuando la temperatura es incrementada hasta 280°C, las reacciones de la biomasa se hacen más considerables y la cantidad de CO_2 generado en el proceso, aumenta hasta en un 316%. Bajo esta condición térmica, todos los componentes internos de la biomasa se encuentran descomponiéndose para formar una estructura carbonosa.

El análisis último consiste en encontrar la masa de los componentes fundamentales de la biomasa como el caso del hidrógeno (H), nitrógeno (N), oxígeno (O) y carbono (C) en la estructura. Estas cantidades son importantes en el material ya que dan información de aquellos elementos que aportan a la energía almacenada en el material como el caso del carbono y el hidrógeno. El oxígeno y el nitrógeno son elementos que no aportan a la energía del material, y es posible observar que cuando el material se procesa a mayores temperaturas, el oxígeno disminuye hasta en un 58%. El caso del carbono es de vital importancia, ya que es el que mayor participación en el poder calorífico tiene, incrementando casi un 42%.

El análisis próximo permite cuantificar la cantidad de volátiles que se pierden durante el proceso, la cantidad de ceniza y la cantidad de carbono fijo en la estructura del material. Este último es de gran interés al referirse a estructuras de carbono que son fácilmente removibles de la estructura, estables a cambios térmicos. El poder calorífico obtenido, deja ver que el material presenta un gran potencial desde el punto de vista energético ya que aumenta casi en un 40% su poder calorífico, lo que indica que se obtiene un sólido con mayor densidad energética que el inicial. Según esta información, y teniendo en cuenta la cantidad de residuo seco disponible en el aeropuerto, se tiene una energía de aproximadamente 59,572 MJ/mes.



Se encontró que la humedad es de aproximadamente 76%, lo que representa una biomasa seca para producción de biocarbón cerca de 3.2 toneladas mensuales basados en las 16 toneladas mensuales que se generan. El residuo torrefactado obtuvo un poder calorífico de 24.6MJ/kg a 280°C y el rendimiento para el proceso de torrefacción fue de aproximadamente 50%, lo que indica una obtención total de 1.6 toneladas mensuales de carbón, con una energía de 39.3 GJ, que podrían ser aprovechados para la cocción de alimentos en los restaurantes del aeropuerto.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Este trabajo puede ser replicado en cualquier zona donde se maneje altas concentraciones de residuos orgánicos.

■ CONCLUSIONES

- De acuerdo con lo presentado en el presente trabajo de investigación, el aprovechamiento de los residuos orgánicos por medio del proceso de torrefacción parece una tecnología con gran potencial con miras a la sustitución de los combustibles fósiles. Los residuos de restaurantes, a pesar de presentar incrementos interesantes en su poder calorífico, poseen altos porcentajes de humedad que lo hacen poco atractivo para su aprovechamiento. Es interesante de esta manera, la utilización de procesos de secado a partir de energías alternativas como el secado solar para darle un valor agregado al material y hacerlo más interesante para su aprovechamiento.
- Anteriormente cuando se hablaba de la disposición final en los residuos orgánicos solo se pensaba en compostaje o rellenos sanitarios como destino final. Estas disposiciones traen consigo muchos problemas, entre ellos la generación de olores y vectores, además de problemas de salud pública por generación de gases de efecto invernadero. De esta forma, el aprovechamiento de los residuos orgánicos por medio de procesos térmicos cobra gran interés.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, William. 2014. *La Biomasa : Una Alternativa Energética Proveniente de La Vida Misma*.
- Bridgeman, T.G., J.M. Jones, a. Williams, and D.J. Waldron. 2010. "An Investigation of the Grindability of Two Torrefied Energy Crops." *Fuel* 89(12): 3911–18.
- Ferro, Daria, Beatón Soler, and Rolando Zanzi. 2009. "Torrefacción de Biomasa Densificada." *Tecnología Química XXIX*: 180–86.
- Phanphanich, Manunya, and Sudhagar Mani. 2011. "Impact of Torrefaction on the Grindability and Fuel Characteristics of Forest Biomass." *Bioresource technology* 102(2): 1246–53.

- Rago, Yogeshwari Pooja, Dinesh Surroop, and Romeela Mohee. 2018. "Assessing the Potential of Biofuel (Biochar) Production from Food Wastes through Thermal Treatment." *Bioresource Technology* 248: 258–64. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.108>.
- Reglamento Técnico Del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano*. 2012. Bogotá D.C.
- Repellin, Vincent, Alexandre Govin, Matthieu Rolland, and René Guyonnet. 2010. "Energy Requirement for Fine Grinding of Torrefied Wood." *Biomass and Bioenergy* 34(7): 923–30.
- Romero Salvador, Arturo. 2010. "APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA ALTERNATIVA A LOS COMBUSTIBLES FÓSILES." *Cienc.Exact.Fís.Nat.* (Esp) 104(2): 331–45.



CONTRIBUCIÓN A LA COMUNIDAD DE SOFTWARE LIBRE UNICENTA

Carlos Enrique Urrego León, Andrés Mauricio Martínez Hincapié

Universidad Católica de Pereira

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: El avance tecnológico de las últimas décadas ha generado un impacto positivo en las organizaciones; los procesos y procedimientos fueron asistidos por máquinas computacionales, logrando aumentar la eficiencia y control, éste avance continuó hasta transformarse en una nueva era, la era de Industrias 4.0, la cual se basa en la Inteligencia Artificial. El proyecto se postula debido a que el proyecto apunta en tal dirección, para lograrlo se implementó la primera fase con un aporte significativo al software libre, permitiendo a las empresas desarrollar sus puntos de venta y abriendo un camino hacia la analítica de datos, aportando elementos para su evolución hacia las Industrias 4.0.

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto fue contribuir a la comunidad de software libre Unicenta a través de la creación de un proyecto derivado, con funcionalidades adicionales tales como la sincronización de Unicenta con la plataforma de comercio electrónico Woocommerce y el desarrollo de una app móvil para realizar la toma de pedidos, adicionalmente a esto la generación de un documento de ingeniería inversa del proyecto con el fin de disminuir los tiempos de aprendizaje para un nuevo contribuido. La metodología empleada para el desarrollo fue una combinación entre el modelo de ciclo de vida en espiral y el prototipado de software, esta elección fue tomada por la naturaleza de los módulos, y además era necesaria una metodología confiable para la elicitación de requerimientos sin la presencia de un cliente.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades de software libre se vienen dando desde la década de los 80's, gracias a Richard Stallman, creador del movimiento de software libre, a partir de ese momento, surgen infinidad de proyectos de esta índole alrededor del mundo, uno de estos es Unicenta.

Unicenta oPOS es un software que comenzó en el 2010, nace como un proyecto hobista por su fundador Jack Gerrard, ello después de la disolución de la comunidad del proyecto Openbravo POS (proyecto antecesor de Unicenta). Este proyecto nació por la necesidad de un software de bajo costo para puntos de venta, debido a que los existentes en el mercado son demasiado costosos para los pequeños negocios.

Lo que se logra durante la elaboración del proyecto, es desarrollar nuevas funcionalidades para el comercio local, entre las cuales está la unión de Unicenta con la plataforma Woocommerce, la cual permita la creación de un e-commerce sincronizado en una vía con el proyecto anteriormente mencionado.

Para lograr este objetivo fue preciso crear una nueva rama de Unicenta alrededor de la cual se cree una comunidad de desarrolladores, los cuales están interesados en contribuir al proyecto de manera voluntaria.

Debido a que muchos desarrolladores buscan ser contribuyentes de este tipo de comunidad, y deberán invertir en un principio tiempo en la curva de aprendizaje, el documento de ingeniería inversa espera ser apoyo para disminuir los tiempos de exploración. La manera en la que se pretende acercar a la comunidad con el proyecto es a través de la creación del mismo en las plataformas sourceforge, la cual le da una posición libre al proyecto y en gitlab la cual facilitará el flujo de trabajo necesario para poder contribuir a la comunidad.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los directores del proyecto Unicenta no agregan las nuevas funcionalidades desarrolladas por la comunidad, por tanto, su crecimiento no es potenciado con la rapidez que la comunidad quiere.

Además, no existe ningún proyecto que cuente con todas las funcionalidades planteadas, en los objetivos del proyecto. Adicionalmente, debido a que los proyectos de software libre no son patrocinados directamente por una persona o empresa en particular, y en su mayoría se distribuyen de forma gratuita, sin generar ganancia por el uso particular de este, necesitan de una comunidad de personas que tengan un ideario similar a las metas del proyecto, las cuales sean capaz de sostenerlo, ya sea con su conocimiento y/o tiempo.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Contribuir a la comunidad de software libre Unicenta, a través de la creación de una branch que permita la gestión de un software de comercio electrónico y atención a las mesas.

Objetivos Específicos

- Crear un documento con el estado del arte de Unicenta.
- Documentar el proceso de Ingeniería inversa al Software Unicenta o POS.
- Adaptar el módulo de disgregación de productos.
- Desarrollar la sincronización de Unicenta o POS con un proyecto de creación de ecommerce.



- Programar un módulo para pedidos a través de dispositivos móviles android.
- Escribir un artículo publicable con lo aprendido a través de su desarrollo.

■ METODOLOGÍA

Debido a que proyecto presenta fases de desarrollo, es necesario adoptar metodologías que faciliten la gestión del proceso del mismo, así pues, debido a la naturaleza de los módulos y el tiempo que se tenía para el desarrollo, se optó por realizar la combinación del modelo de desarrollo en espiral y el paradigma de prototipado, combinación que permite un desarrollo ágil y una elicitación de requisitos confiable. El resultado de esta combinación se especifica a continuación.

Las fases usadas en el desarrollo de los módulos fueron las siguientes:

- **Planeación:** en esta fase se planea el contenido de la iteración y el cronograma de la misma, es de tener en cuenta, que, en el caso específico del proyecto, cada una de las iteraciones corresponde a un módulo.
- **Modelado:** En esta fase se realiza el análisis y el diseño del desarrollo, debido a que en esta fase se realiza la elicitación de requisitos, se usa el paradigma de hacer prototipos para este objetivo.

Los prototipos realizados son prototipos no funcionales y realizados con una herramienta que facilita su desarrollo. Gracias a que se usa el paradigma de prototipos la fase de modelado posee unas sub fases, las cuales son:

- **Comunicación:** Es esta fase el equipo se reúne para definir los objetivos e identificar requerimientos.
- **Plan rápido:** Se planea una iteración para realizar el prototipo
- **Modelado:** Se modela el prototipo en forma de diseño rápido
- **Construcción del prototipo:** Se construye el prototipo
- **Despliegue:** Se entrega el prototipo y es evaluado por los participantes, retroalimentando el equipo, con el fin de mejorar los requisitos.

Ahora, ya teniendo los requisitos se realiza el proceso de diseño, haciendo un diagrama de casos de uso y un modelo relacional de la base de datos.

- **Construcción:** Esta fase pertenece a la codificación de los módulos y a la realización de pruebas de los mismos. Para el desarrollo se usaron IDE's como Netbeans y VisualCode, cada uno de los cuales usado para la codificación en los diferentes lenguajes usados en los módulos. Además, se realizaron algunas pruebas unitarias a los módulos con el fin de verificar su funcionamiento.

■ RESULTADOS

Como resultado final del proyecto surge la documentación de la ingeniería inversa de Unicenta, un documento con el estado del arte de Unicenta, un artículo publicado titulado “Caso de estudio experimental para el desarrollo de módulos basados en el software libre ‘Unicenta’” en la “Revista electrónica de divulgación de la investigación” con ISSN 2007-3542 y por último un proyecto derivado con dos nuevas funcionalidades, la sincronización en una sola vía con la plataforma de comercio electrónico Woocommerce y la aplicación para dispositivos Android dedicada a la toma de pedidos.

Primero que todo se realizó el proceso de ingeniería inversa de Unicenta ya que era un factor fundamental para poder entender el proyecto, este proceso se realizó estudiando la base de datos y creando el modelo entidad-relación de la misma, para de esta forma identificar las tablas principales del proyecto. Después de esto comenzó un proceso de depuración del mismo, el cual tenía como fin identificar la funcionalidad interna del proyecto, generar un diagrama de clases, y como último un documento contenedor de lo anteriormente mencionado y los aprendizajes obtenidos durante el proceso. Seguidamente se inició con el desarrollo de la API en nodejs, la cual jugaría un papel importante a la hora de realizar la sincronización con Woocommerce, ya que esta es la interfaz entre Unicenta y Woocommerce, para el desarrollo de esta API fue fundamental la documentación para desarrolladores aportada por Woocommerce debido a que el proceso se fundamenta en el consumo de recursos de los End-points del e-commerce. Así pues una vez desarrollada y probada la API se desarrolló una interfaz de configuración en Unicenta y los respectivos módulos necesarios para la correcta sincronización.

Haciendo provecho de la creación de la API anteriormente mencionada, el desarrollo de la aplicación se realizó con tecnologías web que consumían los recursos de la misma. Las tecnologías usadas para el desarrollo de la aplicación fueron Angular 6, HTML y CSS. Cabe mencionar que el proceso de desarrollo de cada uno de los módulos fue realizado siguiendo la metodología mencionada anteriormente. Finalmente, los módulos fueron probados y liberados en las plataformas sourceforce y gitlab con el fin de que la comunidad hiciera provecho del proyecto.

Al culminar la etapa de desarrollo del proyecto se dio inicio a escribir el artículo con todas las lecciones aprendidas en el recorrido, para después ser publicado en la “Revista electrónica de divulgación de la investigación”

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El proyecto está diseñado para ser usado en el sector del retail, es decir en los mercados minoristas tales como restaurantes, hostelería, almacenes, supermercados entre otros

■ CONCLUSIONES

- La planificación de un desarrollo de software es una parte esencial del proyecto, ya que sin esta la tendencia a cometer errores se amplifica y posiblemente el proyecto no llegue a un feliz término.



- El proceso de ingeniería inversa del software es largo y tedioso, por esto se hace de vital importancia de implantar una adecuada técnica de documentación y un código legible, más aún en un proyecto de software libre, la cual tiene comunidades activas.
- Tomando en cuenta la poca experiencia que se tenía con el lenguaje de programación TypeScript y la facilidad con la que se aprendió, se puede concluir que este lenguaje se puede usar para proyectos en los cuales el equipo de trabajo tenga poca experiencia desarrollando, debido a que su curva de aprendizaje es muy corta y se puede lograr grandes desarrollos con el lenguaje.
- En este momento la mayoría de plataformas de comercio electrónico cuentan con un web service que actúa como interfaz con otros sistemas, pero en especial el web service del plugin de wordpress, woocommerce, está muy bien documentado; el nivel de complejidad de la integración de otros sistemas con esta REST API es baja, por tanto, si en un futuro se debería elegir una plataforma de comercio electrónico, se escogería woocommerce, ya que la integración sería “rápida” y adicionalmente la plataforma como tal, es lo suficientemente robusta para soportar un gran número de usuarios y transacciones.
- Aunque el sector de sistemas de información, dedicados al retail en este momento tiene demasiadas propuestas y desarrollos con recorrido en el mercado, sigue siendo un sector con potencial, el cual requiere de proyectos diferentes e innovadores que tomen en cuenta los nuevos factores que la sociedad requiere.
- Openbravo POS y Unicenta POS, han tenido un gran impacto alrededor de todo el mundo, como se puede apreciar en los antecedentes, los proyectos derivados de los mencionados, son desarrollados en varias partes del mundo, y la mayoría de estos proyectos aún siguen activos y con descargas mensuales, lo cual muestra una comunidad activa, a la espera de nuevos proyectos como OctoPOS.



PROTOTIPO DE SISTEMA INTEGRADO SUMERGIBLE PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN GRANDES LAGOS

Tirso Rodrigo Gómez Barrera
Universidad Central

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: El presente proyecto de ingeniería implementa nuevas tecnologías tanto de hardware como software para el monitoreo de la calidad del agua en grandes lagos, permitiendo con ello encajar en la categoría de Saneamiento para la inspección y vigilancia en el manejo adecuado de los recursos hídricos de nuestra Nación, reportando información relevante que permita evaluar si determinado cuerpo de agua es potable o no, si está siendo contaminado por residuos sólidos y/o aguas residuales, qué cantidad de químicos deberá presupuestar con anticipación una planta de tratamiento al conocer el estado del agua a tratar, entre otros aspectos relevantes del dispositivo.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema integrado subacuático compuesto por sensores, módulos de hardware, una estructura hermética con una capacidad de inmersión de hasta 70 metros para contener y sumergir la electrónica y sensórica respectiva y un sistema de motor-carrete que controla el desplazamiento autónomo bajo el agua, permitiendo supervisar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a diferentes profundidades, los cuales se capturan, almacenan y transmiten junto con su geolocalización mediante un módulo GPRS utilizando protocolo HTTP a través de tecnología GSM en tiempo real hacia un aplicativo web.

INTRODUCCIÓN

El 97.5% del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua salada, el 2.5% restante corresponde al total de agua dulce en el mundo, 69% se encuentra en los polos y en las cumbres de las montañas mas altas y se encuentra en un estado sólido, 30% se encuentra en la humedad del suelo y en los acuíferos profundos y el remanente 1% escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos y se depositan en lagos, lagunas y en otros cuerpos superficiales de agua (1).

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas, biológicas y radiológicas generalmente con respecto a su capacidad para un uso designado (2). La calidad de cualquier cuerpo de agua superficial o subterránea es una función tanto de las influencias naturales como



de actividades antrópicas. Típicamente, se determina al comparar las características físicas y químicas de una muestra de agua con las pautas y estándares de calidad, las cuales están diseñadas para permitir el suministro de agua limpia y segura para el consumo humano. Estos se basan generalmente en niveles aceptables de toxicidad científica para humanos u organismos acuáticos (3).

Naciones Unidas informa que entre 6 y 10 millones de muertes al año se da por aguas contaminadas. La Agencia Nacional del Medio Ambiente (EPA) estima que más del 40% de todos los lagos, ríos y arroyos están demasiado contaminados para nadar, beber y pescar. Más del 70% de los ríos y lagos de China están contaminados, según los informes del gobierno. La disponibilidad de agua se enfrenta a las presiones de la contaminación. Se espera que la utrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta 2030 (4). A nivel mundial, el número de lagos con floraciones de algas nocivas aumentará un 20% por lo menos hasta 2050 (5). La mayoría de las ciudades no tienen o no asignan los recursos necesarios para la gestión de las aguas residuales. Se estima que el 90% de las aguas residuales de las ciudades de los países en desarrollo se vierte directamente sin tratar en los ríos, los lagos o el mar (6).

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el problema más prevalente de la calidad del agua es la eutrofización, como resultado de las altas cargas de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno), perjudicando sustancialmente sus beneficios e impactando de manera directa las condiciones de calidad de los ecosistemas acuáticos, como en el Lago de Tota. Allí se realiza una vez cada mes un monitoreo, recogiendo una muestra de agua superficial por cada uno de los siete puntos como se especifica en (7). De acuerdo al manual (8) se deben realizar mediciones de perfiles de columna de agua para la situación descrita.

■ OBJETIVOS

Específicamente las características del proyecto relacionadas con las etapas de diseño y desarrollo son:

1. Implementar módulos de hardware de alimentación, almacenamiento y sensórica para medir el valor de pH (0.001 pH), ORP (± 1 mV) y temperatura (0.001 °C) en el análisis de la calidad del agua.
2. Desarrollar una estructura hermética que contenga la sensórica y módulos de hardware descritos en el entregable 1, capaz de sumergirse bajo el agua a una profundidad de hasta 20 metros.
3. Implementar un módulo de comunicación que emplee la red de telefonía celular GSM para transmitir mediante un GPRS desde superficie los datos de los parámetros descritos en el entregable 1, adquiridos y almacenados por el sistema del entregable 2 para ser visualizados en un aplicativo web

4. Evaluar la efectividad y robustez del sistema sumergible de monitoreo de la calidad del agua compuesto por los entregables 1, 2 y 3 realizando pruebas de operatividad en diferentes escenarios acuáticos a diferentes profundidades.

METODOLOGÍA

La figura 1 expone los pasos numerados del 1 al 5 y representa el procedimiento para el monitoreo de la calidad del agua. (1) El Sistema Integrado Sumergible (SIS) captura por I2C, almacena en memoria y transmite por UART hacia (2) el Sistema de Inmersión (SI) los datos de los parámetros de pH, ORP y temperatura. El SI opera bajo la configuración del protocolo de perfil de columna de agua, controlando a su vez el descenso y ascenso, al tiempo que recibe los datos provenientes del SIS. Simultáneamente controla el GPRS por comandos AT por USB-UART para transmitir en tiempo real hacia (3) la nube informática, donde se conectará al servidor de ThinkSpeak, donde se almacena y evalúan los datos adquiridos junto con la geolocalización que posteriormente serán analizados por medio de reportes gráficos y tablas de clasificación. En el paso (4) y (5) mediante el uso de computadoras o teléfonos móviles se tendrá acceso a un aplicativo web que permite estudiar y analizar los diferentes datos recolectados, proporcionando un reporte del estado de la calidad del agua brindando ahorro de tiempo, dinero, transporte y comodidad al equipo. También se activan alarmas que permiten evitar los índices de contaminación de trabajo.

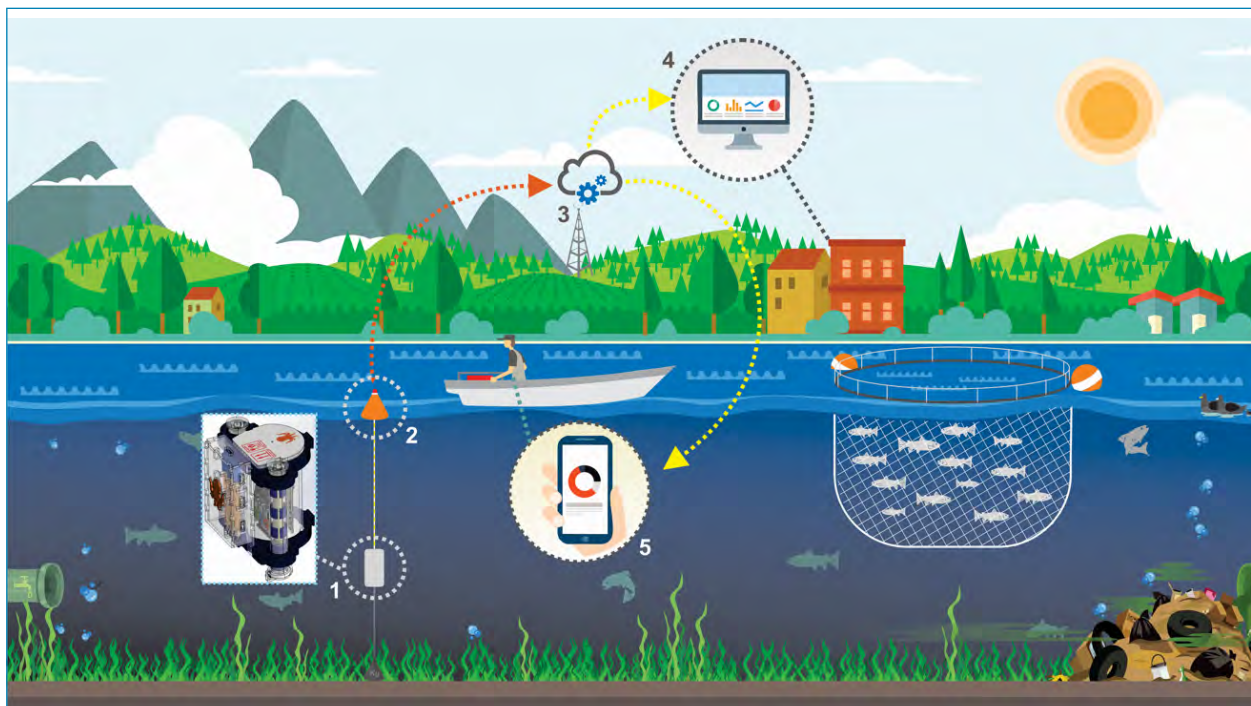


Figura 1. Recreación animada del escenario del Lago de Tota, donde se evidencia las diferentes actividades industriales y principales eventos de contaminación. A su vez se representan los pasos llevados a cabo para el monitoreo de la calidad del agua utilizando el SIS y el SI.

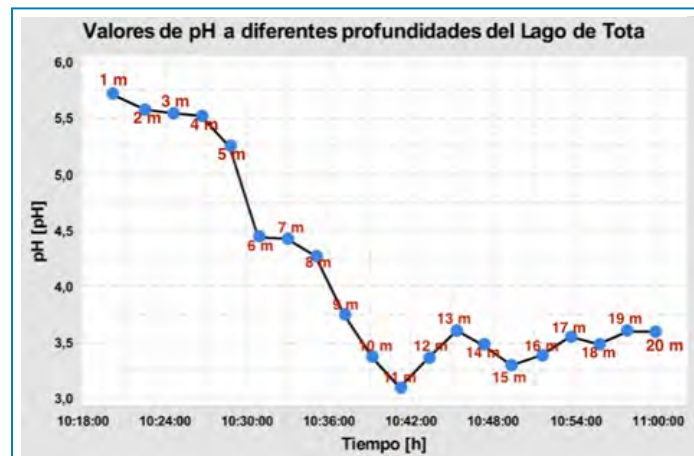


Figura 2. Incremento de acidez a mayor profundidad.

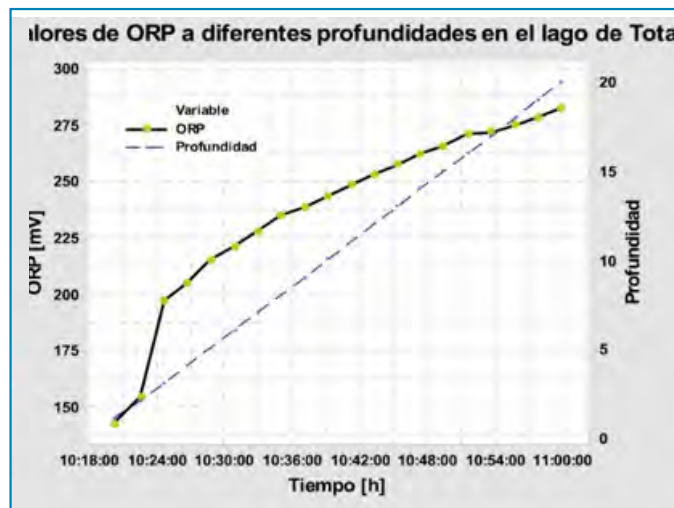


Figura 3. Agua no apta para consumo humano según valores de ORP establecidos por la OMS.

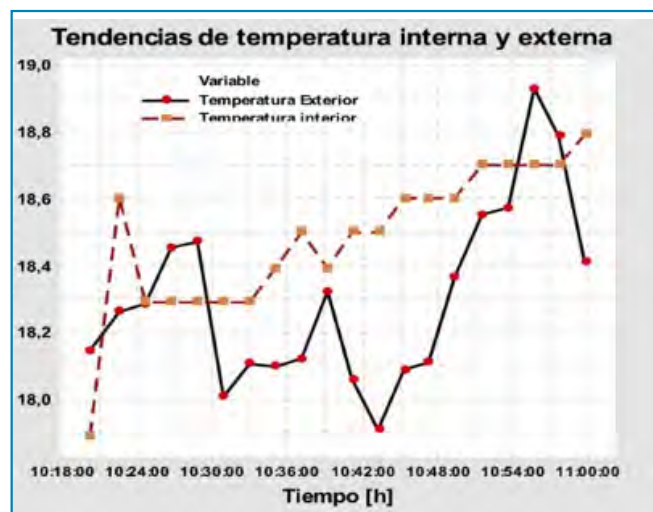


Figura 4. Relación de datos del RTD y DHT22 a diferentes profundidades.

■ RESULTADOS

Se realizaron pruebas in House (estudio de habilidad, hermeticidad y descarga de baterías), de Laboratorio (curva de potencia y tamaño y pruebas de equivalencia de 2 muestras) y por último las pruebas in Situ expuestas en las figuras 2 a 4, donde se presenta el comportamiento en el tiempo de los parámetros de pH, ORP y temperatura de acuerdo a las mediciones realizadas a diferentes profundidades, lo que permite comprender el impacto de las actividades antrópicas.

Los valores de pH disminuyen a medida que desciende el SIS a través de la columna de agua. El pH se estabiliza entre las profundidades diez (10) y veinte (20) metros. Los valores de ORP ascienden cuasi linealmente con el incremento de la profundidad. En cuanto a la relación entre las temperaturas externa e interna, exhiben un comportamiento cercano. Se recalca que el uso de sensores de mayor resolución permite visualizar comportamientos mas variados y no lineales.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

En general, cualquier cuerpo de agua (grandes lagos, lagos, lagunas, ríos, arroyos, etc). También puede utilizarse en el campo de la industria, la minería, pozos petroleros, la piscicultura, la acuicultura, control de ambientes acuáticos cerrados como piscinas entre otros. El prototipo logrado en este trabajo puede seguir evolucionando como un vehículo subacuático autónomo, brindando mayor destreza y cubrimiento de áreas inspeccionadas de difícil acceso.

■ CONCLUSIONES

La inspección y vigilancia realizada en los lagos de Colombia ha sido desde hace tiempo una labor tediosa, dispendiosa y sobre todo costosa, trayendo consigo un desafío en la toma de decisiones, y suposiciones, basadas en muy pocos datos. Empero el modus operandi de recolección de muestras no es el más adecuado para determinar los niveles de contaminación de los lagos o las cantidades de un determinado parámetro a estudiar, admitiendo la necesidad de un cambio evolutivo en los instrumentos dispuestos para estas tareas. La importancia de información precisa y relevante en el momento oportuno llevaría a la recuperación de las cuencas hídricas, como es el caso del lago de Tota. Con esta información persistente, se construye una base de datos significativa, proporcionando a los usuarios suficiente información para comprender los sistemas que están midiendo y emitir decisiones basadas en datos de la más alta calidad, aceptando la implementación de nuevos procesos de inspección y vigilancia, nuevas reglas para el uso adecuado y control de los lagos, frenando la contaminación masiva surgida del desarrollo económico y la explotación indiscriminada de un recurso tan valioso como el agua.

■ BIBLIOGRAFÍA

Naciones Unidas. Año Internacional del Agua Dulce, 2003. (1)

Division of Agriculture University of Arkansas. What is Water Quality, 2014. (1)

United Nations Department of Economic and Social Affairs. Water for Life, 2014. (1)



United Nations Department of Economic and Social Affairs. UN-Water Annual Report 2012. Technical report, United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2012. (2)

Naciones Unidas. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Technical report, Naciones Unidas, 2015. (2)

United Nations Environment Program. Annual Report 2010. Technical report, United Nations Environment Program, 2010. (2)

Sesalub Secretaria de Salud de Boyaca. Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano de la Laguna de Tota, Fuente abastecedora del casco urbano de los municipios de Firavitoba y Cuitiva. Technical Report, Direccion Tecnica de Salud Publica, 2012. (2)

Inland Lakes Sampling Procedure Manual. (2)



ALTERNATIVA VIAL INTEGRAL COMO SOLUCIÓN A LA MOVILIDAD CRÍTICA DE LA INTERSECCIÓN VIAL AVENIDA AMBALÁ – CALLE 60 DE LA CIUDAD DE IBAGUE – TOLIMA

Lina Victoria Ascencio Castilla, Eneida Campo Godoy, Jorge Felipe Garzón Montoya, Juan Sebastián Leiva Lozano

Universidad Cooperativa de Colombia campus Ibagué-Espinal

Temática: Materiales

Justificación de temática: El presente proyecto se encuentra enmarcado dentro de la temática “Materiales”, debido a que propone una alternativa integral de solución a la infraestructura vial que actualmente funciona en el sector de la Calle 60 con Avenida Ambalá en la ciudad de Ibagué; el cual presenta altos flujos vehiculares (por el crecimiento exponencial que ha tenido la ciudad en los últimos años) con bajos índices de movilidad, dejando como consecuencia embotellamientos en horas pico dado a la falta de vías alternas para que se movilicen desde los barrios ubicados en el este hacia el oeste (centro) de la ciudad.

RESUMEN

El proyecto plantea una alternativa de solución a la intersección ubicada en la avenida Ambalá con calle 60, siendo este un punto crítico para la movilidad y la accidentalidad en la ciudad de Ibagué, debido a la alta demanda vehicular y comercial en ese sector. Para ello, se propone un rediseño de la glorieta, realizando un cambio en su geometría, e implementando un deprimido sobre la avenida Ambalá, ampliando sus carriles, incluyendo al plan de movilidad bici carriles y senderos peatonales con lo cual se pretende darle prioridad, mejorar el flujo de movilidad y disminuir la tasa de accidentalidad.

INTRODUCCIÓN

Las intersecciones viales, específicamente las de tipo glorieta son implementadas con el fin de dar fluidez en un cruce de vías, permitiendo que los vehículos transiten constantemente, para su diseño se tiene en cuenta una capacidad máxima vehicular; sin embargo, cuando dicha capacidad es excedida, la glorieta deja de cumplir con su función generando inconvenientes en el nivel de servicio prestante, y ocasionando prolongadas filas de vehículos, los cuales acarrearán altos índices de accidentalidad debido a la falta de respeto y de cultura vial.

Existen otros factores que hacen que estos problemas sean aún más críticos, entre los cuales están, que sean vías principales (avenidas y carreras) sin vías alternas cerca, que haya zonas sociales con alto volumen de afluencia como sectores comerciales e industriales.



Hay muchas y diferentes soluciones al problema presentado, dentro de las cuales la alternativa escogida consta de crear un depresivo sobre la avenida Ambalá en ambos sentidos, implementar senderos y bici-carriles; todo esto con el fin de brindar seguridad vial a las personas que transitan por este sector.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La intersección de la avenida Ambalá con calle 60 es un punto crítico para la movilidad y accidentalidad en la ciudad de Ibagué, debido a la alta demanda vehicular y las falencias en los pasos peatonales. El diseño adoptado en este sector es una intersección tipo glorieta a nivel en forma de "D", dicho diseño no abastece la demanda vehicular, formándose en horas pico una acumulación excesiva de vehículos. Además de esto, se evidencian errores en la implementación de las señales verticales, horizontales y a su vez carece de una adecuada infraestructura para la accesibilidad física.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Proponer una Alternativa vial integral como solución a la movilidad crítica de la intersección vial avenida Ambalá – calle 60 de la ciudad de Ibagué –Tolima.

Objetivos Específicos:

- Realizar estudios básicos de ingeniería de tránsito
- Crear un depresivo sobre la avenida ambalá e implementar senderos peatonales y ciclo carriles para la inclusión de los bici usuarios en el sistema de movilidad
- Considerar la liberación del espacio público y la reubicación de moradores de zonas aledañas a un complejo residencial que ofrezca mejores condiciones para estos.
- Crear un modelo a escala de la alternativa propuesta.

■ METODOLOGÍA

Como primera medida se llevaron a cabo dos conteos vehiculares por medio de una aplicación llamada TVSaforos perteneciente y facilitada por el Doctor Alexander Álvarez.

Estos conteos se realizaron un día hábil (Lunes) y uno festivo (Domingo) en horas pico durante una hora con lapsos de 15 minutos, para un total de 4 conteos por día, esto con el fin de medir el tráfico; los 5 puntos intervenidos en el aforo, se muestran con las etiquetas A, B, C, D y E (Ver Imagen 1).

Una vez tomados los aforos vehiculares, la información suministrada por la aplicación TVSaforos, fue sustraída en un formato hecho en Excel el cual contiene los siguientes datos:

- Tipo de Vehículo (Taxi, Particular, Moto, Bus, Buseta, Van, Camión, Camioneta y Cicla)
- Número de conteos
- Total de vehículos

Ésta información se procesó para hallar la composición vehicular.

Como segunda medida se realizó una auscultación de la señalización total existente en la intersección, en el cual se tomaron datos del estado de cada una de las señales de tránsito llenando un formato hecho en Excel en el cual contiene información como, clasificación (Reglamentaria, Preventiva, Informativa, Transitoria.), nombre, distancia de borde libre a la vía, altura libre, forma y dimensión, estado y por ultimo una observación.

Además de lo ejecutado anteriormente, se procedió a medir el ancho de los carriles, el ancho de los separadores, las pendientes y el porcentaje de daño de cada uno de los ramales de la glorieta, con el fin de calcular mediante el software CNS 97 la capacidad y nivel de servicio de esta.

Los puntos en los cuales se realizó el inventario vial están enumerados del 1 al 7 como se observa en la Imagen 1.

Imagen 1. Puntos de aforos e inventario vial en la Intersección de la Avenida Ambalá con Calle 60.



Fuente: Google Earth, adaptada por los autores.

RESULTADOS

Este proyecto apunta a reducir los focos de contaminación que afectan directamente a la comuna 3 y 4, e indirectamente a los habitantes en general de la ciudad de Ibagué.

Por lo tanto, se plantean 4 soluciones integrales a dicha problemática del sector mencionado anteriormente; la primera de ellas una glorieta que permita retornos vehiculares más eficientes, en segunda medida una depresión que agilice la movilidad sobre la avenida Ambalá; como tercera solución se incluye una alternativa de transporte más amigable y segura para los bici usuarios de la ciudad; como punto final, se plantean zonas de esparcimiento con inclusión social ya que se busca brindar confort a todo tipo de ciudadano mediante mejoras en los accesos peatonales.

Adicionalmente, se materializa a escala la propuesta (Ver Imagen 2), incluyendo los puntos mencionados anteriormente para representar visualmente la integración de las soluciones presentadas.

Imagen 2. Materialización de la propuesta integral.



Fuente: Los autores

CAMPO DE APLICACIÓN

La propuesta de alternativa vial integral se encuentra en el campo de aplicación del Diseño Geométrico de Vías debido al diseño efectuado en la glorieta, la intersección a desnivel y los bici carriles, en cuanto a Tránsito y Transporte se aplicaron aforos vehiculares con los cuales se realizaron los cálculos correspondientes, además de esto la auscultación de la señalización.

También se tiene una aplicación urbanística y medio ambiente, en los senderos peatonales y optimizando el alumbrado público con paneles solares.

■ CONCLUSIONES

En conclusión se busca dar prioridad a los peatones y bici usuarios mediante la creación de accesos y espacios recreativos para el flujo y esparcimientos de las personas, brindándoles seguridad y reduciendo también el índice de accidentalidad que era anteriormente provocada por el mal funcionamiento de la intersección actual.

Además de ello, mejorar la circulación vehicular y la movilidad dentro de la intersección, para con ello reducir el tiempo de recorrido por este sector.

■ BIBLIOGRAFÍA

Google. (s.f.). Mapa de Ibagué, Colombia en Google Earth. Modificado por los autores.

INVIAS. (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. En INVIAS. República de Colombia: Ministerio de Transporte

INVIAS (2015). Manual de Señalización Vial. En INVIAS. República de Colombia: Ministerio de Transporte



COMPORTAMIENTO DEL MORTERO HIDRÁULICO CON ADITIVO DE CENIZA DE LA SEMILLA DEL AGUACATE

Anntony Leandro Arias Hernández, Jonathan Andrés Bedoya Vela, Yulieth Alexandra Castro Serna, Francisco Javier Zambrano Holguín

Universidad Cooperativa de Colombia – Campus Ibagué - Espinal

Temática: Materiales

Justificación de temática: Este proyecto se encuadra en el estudio de los materiales, ya que, a través de la modificación de la estructura de un mortero como consecuencia de la adición de ceniza de semilla de aguacate, se busca la alteración de una propiedad mecánica propia de la ciencia de los materiales como lo es la resistencia a la compresión.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en evaluar el comportamiento del mortero de cemento (1:2) adicionando un nuevo elemento a la mezcla, como la ceniza de la semilla de aguacate de origen orgánico. Para ello se elaboraron cubos de mortero con el aditivo en diferentes porcentajes (0%, 1%, 3% y 5%), tomados respecto al peso del cemento. Se realizaron pruebas de resistencia a compresión a las edades de 7, 21 y 28 días de curado, siguiendo las normas I.N.V.E - 402- 07 e I.N.V.E -323-07 respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron que el concreto con el aditivo del 1% mejora la resistencia a la compresión y con adiciones superiores al 1% presentaron disminución en la resistencia. Esta investigación es con el fin de evaluar si el aditivo puede ser recomendado como aditivo en el concreto simple para su uso convencional en la ingeniería.

INTRODUCCIÓN

El uso de la semilla del aguacate está enfocado principalmente a la fabricación de compuestos para uso cosmético y de utensilios biodegradables para la industria alimenticia. El uso de la biomasa representaría un gran avance para disminuir la dependencia de la industria de la construcción de materiales no renovables y que afectan directamente el equilibrio ecológico, amplificado por la gran cantidad de procesos constructivos que dependen del cemento.

Su uso puede potenciar la industria agrícola de producción de la fruta y darles uso a los especímenes no satisfactorios para exportación, brindando así una respuesta a las dificultades de los agricultores de la región.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

la industria del cemento se ha caracterizado por la gran dosis de contaminación y el gran daño que ocasiona al ambiente por los daños realizados desde la explotación de canteras a cielo abierto, los gastos de combustibles para la calcinación y los transportes.

El residuo del consumo del aguacate, la semilla, representa en gran porcentaje, dentro de las basuras orgánicas de los consumidores. Su dureza y su tamaño, hacen que ocupe mucho espacio y tarde mucho tiempo en biodegradarse.

Al usar la semilla como aditivo, se reusa un producto de desecho y se disminuye el uso de un material contaminante.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar el comportamiento del mortero hidráulico mediante el uso como aditivo de la ceniza de aguacate.

Objetivos Específicos:

- Procesar la semilla de aguacate hasta la obtención de ceniza
- Diseñar las mezclas de mortero de cemento hidráulico, con los respectivos porcentajes de aditivo de la ceniza de la semilla del aguacate.
- Realizar los ensayos a compresión en laboratorio a las edades de 7, 21 y 28 días.
- Comparar los cambios de la resistencia a compresión al utilizar un aditivo de origen orgánico.

■ METODOLOGÍA

Esta investigación se inicia pensando en atender la necesidad de utilizar residuos orgánicos, en este caso la semilla de aguacate triturada para la elaboración de una mezcla de mortero modificada, la cual se evaluará mediante ensayos y se determinará si dicho residuo es aceptable a las cualidades requeridas y si cumple la resistencia apta para un concreto con fines estructurales.

Este proceso se lleva a cabo a través de 3 etapas:

1. Extracción de la materia prima. La semilla de aguacate cuenta con múltiples compuestos que benefician la salud, la industria. Por tal motivo se realiza la recolección de la semilla del aguacate para dar inicio con el proceso de trituración de dicha materia prima para de esta forma facilitar su incineración. Se dispusieron 600 gr de la semilla triturada para incinerarla en una estufa con el fin de eliminar la composición orgánica que contiene, luego se ejecuta un proceso de molienda para reducir el tamaño de las partículas y así culminar, tamizando el material para hacer uso del retenido en el tamiz N° 30.



2. Diseño del concreto. Se adiciona a la mezcla de mortero (1:2), unos porcentajes del material que son tomados respecto al peso de cemento de la mezcla, los porcentajes que se tomaron para la investigación fueron 1%, 3% y 5%, basándose de un artículo de (Mendoza, Millano, T. de Rincón, & Romero, 2013) donde estipularon un rango entre 0,1% a 10% de aditivo, pero el material utilizado allí, fue desecho de biopolímeros.
3. Análisis de resultados en laboratorio. Siguiendo la norma I.N.V.E - 402- 07 e I.N.V.E -323-07, se llevó acabo la elaboración de 36 cubos de mortero con la adición del material y posteriormente su proceso de curado para obtener las resistencias a los 7, 21 y 28 días. Luego de su respectivo tiempo de curado se proceden a fallar 3 cubos por cada porcentaje a las edades estipuladas en la prensa hidráulica del laboratorio.

■ RESULTADOS

Se realizaron los ensayos de compresión a los cubos de mortero según lo estipulado en la norma, incorporando el aditivo en un 1%, 3% y 5% respectivamente. Estos resultados se compararán con los de una mezcla de mortero simple, sin adición alguna.

La mezcla diseño o tradicional "0% de aditivo" alcanzó una resistencia de 16,25 (Mpa) a los 28 días de curado.

Se evidenció que al añadir el 1% del aditivo en los volúmenes del diseño de la mezcla, se alcanzó una resistencia de 16,97 (Mpa) a los 28 días de curado, con respecto a la resistencia de diseño. Se alcanzó una mejoría de 4.4% en resistencia.

Se evidenció que al añadir el 3% del aditivo en los volúmenes del diseño de la mezcla, se alcanzó una resistencia de 15,55 (Mpa) a los 28 días, con respecto a la resistencia de diseño. Los valores son menores a lo esperado.

Se evidenció que al añadir el 5% del aditivo en los volúmenes del diseño de la mezcla, se alcanzó una resistencia de 13,41 (Mpa) a los 28 días, con respecto a la resistencia de diseño. Los valores son menores a lo esperado.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

En la industria de la construcción, en la elaboración de morteros y concretos.

■ CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en laboratorio se puede concluir que la ceniza de la semilla de aguacate al 1% en el mortero, mejora las propiedades mecánicas a compresión dando resultados similares a los obtenidos con biopolímeros (Mendoza, Millano, T. de Rincón, & Romero, 2013).

Las adiciones de ceniza superiores al 3 % en el mortero, hacen que la resistencia a la compresión disminuya a los 28 días de curado, con relación al mortero con 0% y 1% de aditivo.

Las variables de resistencia con el 1% de aditivo con respecto a los días de curado tienen una relación directa y una correlación positiva muy alta con respecto a el coeficiente de correlación de Pearson.

Los promedios de resistencia (Mpa) a los 28 días de curado fueron 0% (16,25), 1% (16,97), 3% (15,55) y 5% (13,41).

Se recomienda retomar esta investigación aplicando porcentajes que estén entre el 1 y el 3% de aditivo.

■ BIBLIOGRAFÍA

Sección 300. (15 de noviembre de 2013). Obtenido de INV E 323-07: file:///C:/Users/User/Downloads/Norma%20INV%20E-323-07%20(2).pdf

Mendoza, K., Millano, V., T. de Rincón, O., & Romero, N. (diciembre de 2013). Dialnet.

Cemex. (2018). Cemexparaindustriales -Articulos/calidad. Obtenido de <http://cemexparaindustriales.com/cubos-vs-cilindros/>



ALTERNATIVA DE INTERSECCIÓN VIAL EN LA CALLE 43 CON CARRERA 5TA DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ

Ana Alexandra Rodríguez, Natalia Loboguerrero, Andrés Felipe Molano, Juan Felipe Bonilla

Universidad Cooperativa de Colombia – Ibagué

Temática: Materiales

Justificación de temática: La categoría seleccionada fue la de Materiales, ya que la propuesta está relacionada con una alternativa de solución a la problemática actual presentada en una intersección vial, la cual requiere un aumento en su capacidad vial y, a través de esta, la disminución de tiempos de circulación y de índices de accidentalidad. Para lograr el objetivo planteado se propone la modificación de la infraestructura actual por una del tipo turbo glorieta como mecanismo de control.

RESUMEN

En la intersección estudiada se presentan maniobras y conflictos vehiculares producto de cambios de carril, irrespeto a las señales de ceda el paso en los accesos, cambios de destino repentinos durante la circulación en el anillo central, conflictos vehículo-peatón, entre otras situaciones de riesgo. Ante esta situación, surge el concepto de *turbo glorieta* como alternativa de solución, con especificaciones técnicas y operativas que mejoran las ya ofrecidas en función del crecimiento de la demanda vehicular en el tiempo y la evaluación de escenarios futuros. De acuerdo con los datos obtenidos, la configuración de glorieta que presentó mejores resultados fue la **turbo glorieta Basica**.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Ibagué se vive a diario los efectos de la oferta insuficiente de infraestructura vial, reflejados en la congestión, la accesibilidad y los tiempos de viaje, principalmente. Por otra parte, la regulación y control de las intersecciones se ha basado en el uso de intersecciones viales convencionales, a nivel y desnivel; cada una con ventajas y desventajas en términos de afectación urbanística, composición vehicular de la demanda esperada, capacidad, nivel de servicio, seguridad vial, requerimientos de supervisión y mantenimiento, etc.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La intersección vial analizada presenta volúmenes considerables de tráfico, especialmente en determinados horarios, evidenciándose capacidad limitada, altos índices de accidentalidad,

condensación de tráfico, colisiones laterales y promoviendo comportamientos agresivos de conductores que agravan aún más la problemática actual.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

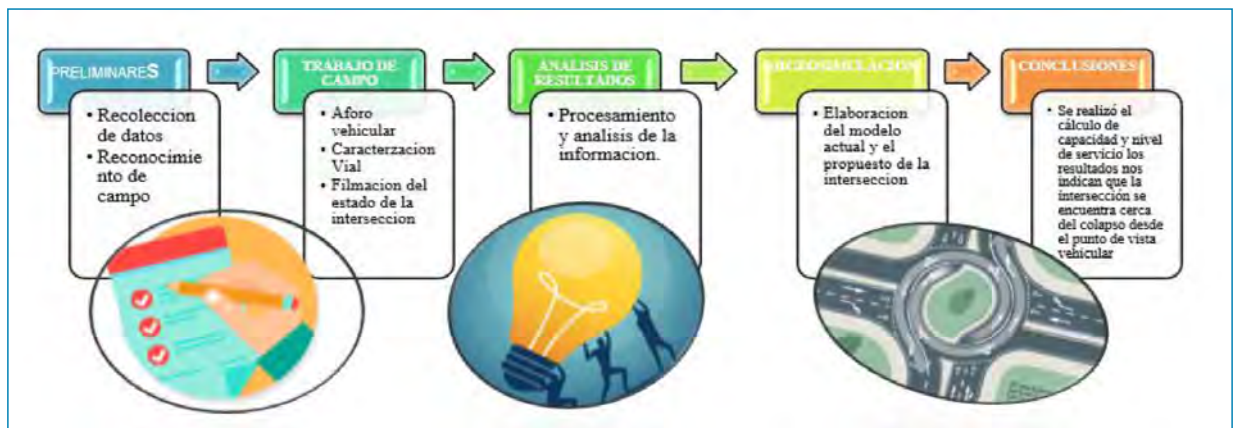
Proponer como alternativa de solución de movilidad una turbo glorieta en la intersección de la calle 43 con carrera 5ta de la ciudad de Ibagué.

Objetivos Específicos

- Modelar el escenario actual y el escenario propuesto para la intersección vial objeto de estudio.
- Estimar los volúmenes de tráfico, tráfico promedio diario y nivel de servicio para la zona de estudio.
- Comparar el desempeño de la intersección vial en funcionamiento con relación a una intersección del tipo "Turbo Glorieta". Sugerir recomendaciones acerca del manejo y aspectos que se deberían tener en cuenta en el evento de planear la implementación de turbo glorietas.

■ METODOLOGÍA

La metodología de investigación empleada se aprecia en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia

El proyecto se divide en 5 fases:

1. Preliminares:

- Recolección de datos



2. Trabajo de campo:

- Se realizaron dos aforos vehiculares usando el software "TVS" implementado por el Ing Alexander Álvarez en horas de mayor flujo vehicular, evidenciando la problemática actual de esta intersección.
- Como evidencia se realizó una Caracterización vial y una filmación del estado actual de la intersección.

3. Análisis de resultados:

- Procesamiento y análisis de la información determinando los volúmenes de tráfico, tráfico promedio diario y nivel de servicio para la zona de estudio

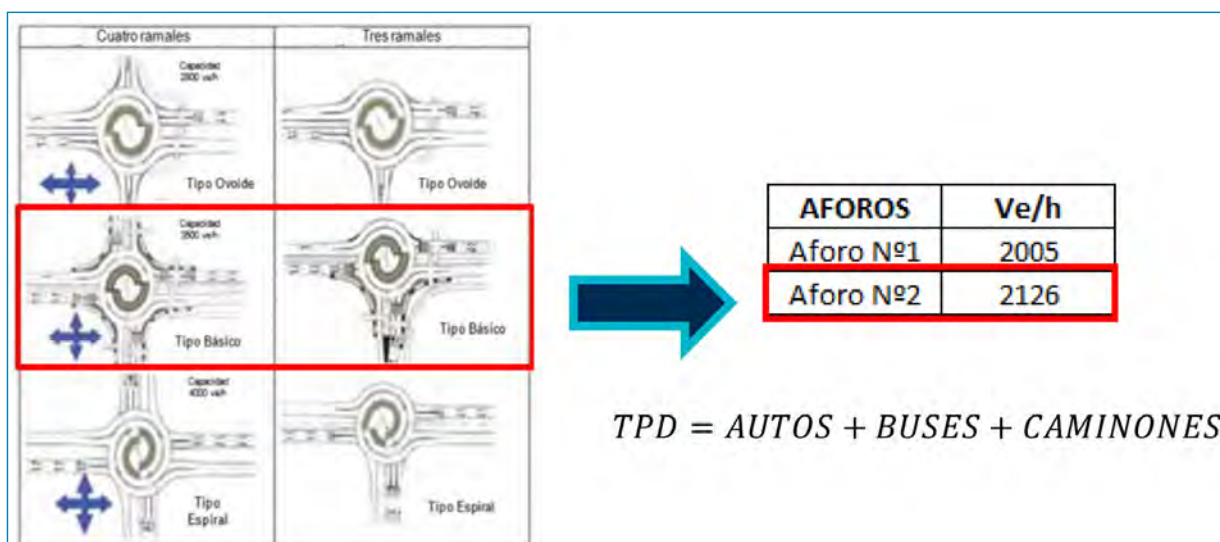
4. Micro simulación

- Visualizar y realizar la posible operación del modelo real.

5. Conclusiones

■ RESULTADOS

De acuerdo a la información obtenida en los aforos, en horas de mayor flujo, el número de vehículos fue de 2,126 (ver tabla). De acuerdo con ese conteo, el tipo de glorieta más adecuado sería el tipo básico (ver figura), el cual tiene una capacidad de 3500 vehículos por hora. Esto es suficiente para satisfacer la demanda actual y posee un margen que permitiría un flujo aún mayor.



Fuente: Fortujin, Lambertud. Turbo roundabouts. Desing principles and safety performance

CALCULO NIVEL DE SERVICIO						
VI	Fu	V1	Fsr	Fcb	V1	V2
78.4	0.52826	41.415584	0.9616	0.88	41.415584	35.04619851
Fp1	Fp2	Fp>1 Fp=1	v2	V3 (Km/h)		Vc (Km/h)
0.79	1.02673	0.8111167 1	35.04619851	35.04619851		55.8
si V3 <=Vc, V=V3				V		NIVEL DE SERVICIO
Si V3 >=Vc, CALCULAR V CON LA HOJA DE TRABAJO N°2				35.04619851		E

CAMPO DE APLICACIÓN

El alcance de esta alternativa está enmarcado en la ingeniería de tránsito, planeación de proyectos, mejoramiento de infraestructura y sistema ambientalmente sostenible.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que las glorietas del tipo turboglorieta son una alternativa viable para satisfacer la demanda actual en el punto estudiado.

Aunque las glorietas del tipo ovoide podrían solucionar la problemática actual, dada su limitada capacidad, no brindarían un margen suficiente para garantizar la movilidad frente a futuros aumentos en el número de vehículos en la ciudad, y especialmente en el punto analizado.

El diseño actual presenta un nivel de servicio "E", lo que indica que el colapso de tráfico vehicular es inminente y se requiere la adopción de nuevas formas, diseños o modificaciones a la infraestructura actual.

REFERENCIAS

- Cauca, U. d. (2008). *Manual de Diseño Geometrico de Carreteras*. Instituto Nacional de Vías.
- Cruz, L. A. (2010). *Metodologia para Evaluacion Tecnica y Operativa de Turboglorieta como Alternativa de Interseccion Vial en el Ambito Urbano*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional.
- Fortujin, L. (2009a). *Desing principles and safety performance*.
- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geometrico de Carreteras*. Colombia.



TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA DE PAPA CRIOLLA (*SOLANUM TUBEROSUM*) EN PELÍCULA BIODEGRADABLE FUNCIONAL: UNA ALTERNATIVA DE MERCADO PARA LOS PRODUCTORES DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

Autoras: Sandra Carolina Calderón Peña, Jessica Lorena Mora González

Coordinadora Semillero: Martha Liliana Castillo Monroy

Asesora Técnica: Carolina Otálora R.

Asesora Metodológica: Ana Mercedes Fraile B.

Universidad de Boyacá
Semillero Gestión Industrial

Temática: Agroindustria

Justificación de temática: Este proyecto da a conocer el resultado de un trabajo de identificación previa con comunidad en donde la búsqueda de opciones permitió plantear una investigación experimental para diseñar una alternativa de posible industrialización; en la fase inicial permitiría fortalecer la capacidad de los pequeños productores dando un valor agregado a sus productos, mediante el desarrollo y la incorporación de avances tecnológicos provenientes de actividades de I+D+i permitiendo así, la productividad de las cosechas, la generación de mayores ingresos y un mayor aprovechamiento de los factores productivos.

RESUMEN

Mejorar la competitividad de la población de Soracá exige que se agregue valor a uno de sus cultivos alternativos entre los cuales está la *Solanum tuberosum* grupo (papa criolla), alimento funcional sobre el que se realiza esta investigación experimental para obtener una película biodegradable. Investigaciones similares se han realizado a otros tubérculos, pero no a la papa criolla; además se realiza segmentación e investigación de mercado en Tunja determinándose en una muestra de 323 personas que el 96.3% de la población compraría la película biodegradable. El estudio técnico establece que es posible la transformación con diez operaciones que agregan valor.

INTRODUCCIÓN

Actualmente Boyacá es el segundo departamento más importante en la producción de papa en Colombia (Fedepapa & FNFP, 2018), una de las asociaciones que aporta significativamente es

la cooperativa Coinpacol de Soracá, pues brinda producción permanente con capacidad de producción de 1.000 toneladas/semestre, de las variedades Diacol Capiro, parda pastusa y Tuquerreña (Sabanera), esta cooperativa asocia pequeños productores de papa y cuenta con el apoyo de la fundación ANDI para desarrollo de estrategias de encadenamiento productivo, quienes comercializan papa en sucio acorde a las exigencias del mercado masivo; sin embargo, es necesario tener cultivos alternativos para dejar reposar los terrenos (entre ellos la papa criolla) los cuales se ponen a la venta en las centrales de abastos a bajo precio, no tiene valor agregado y les genera pérdidas a los asociados.

Una alternativa de solución a esta problemática es la industrialización encaminada a obtener productos con valor agregado, para así aumentar su oferta en el mercado y minimizar las pérdidas económicas de los productores. Para la industrialización del cultivo se piensa en *una película biodegradable* para proteger alimentos de color amarillo como lo es la ahuyama, la calabaza y demás alimentos de la canasta familiar; con posibilidades de reemplazar el material actual *película autoadherente retráctil (conocida comercialmente como Vinipel)*; asimismo, es de indicar que la generación de residuo plástico está en aumento (24 kilos /habitante/año en Colombia) y por ello se requieren alternativas entre las cuales se encontraría la película biodegradable que puede ser generada a partir del almidón de papa criolla, además por sus carotenoides podría proteger a los alimentos mencionados y mantenerlos frescos.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colombia ocupa el tercer lugar en área sembrada, con alrededor de 170.000 has cosechadas (Buitrago, López, Coronado, & Osorno, 2004), y la productividad de papa a nivel nacional exhibe un destacado rendimiento promedio de 16,49 toneladas por hectárea y se encuentra dentro de los ocho cultivos de mayor producción en el país, siendo considerado producto de primera necesidad y de consumo masivo (Yugsi Lita, 2017). En Soracá- Boyacá se comercializa papa masivamente y para alternar cultivos se cultiva papa criolla que es considerada un alimento funcional por su contenido de polifenoles, vitaminas, carotenoides, antioxidantes, minerales, proteína, fibra, así como vitamina E y C, los cuales ejercen un efecto beneficioso sobre la salud del consumidor (Schmidt, M et al 2017).

Una vez se ha realizado la recolección de la papa criolla, su vida útil como producto fresco es de aproximadamente diez días, debido a que se brota o germina con prontitud; su ciclo vegetativo requiere un período que oscila entre cuatro y cinco meses. (Rodríguez, 2010); razón por la cual es de importancia vender el producto rápidamente bajando el precio; afectando notablemente a los productores; también es de indicar que la variabilidad en la oferta y demanda, sumado a la baja competitividad en mercados nacionales, hacen que la papa criolla se pierda en época de cosecha; de continuar esta situación las familias de los asociados a Coinpacol se verían afectadas y por lo tanto es necesario generar formas de industrializarlo para incrementar los ingresos de las familias.



■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar un estudio técnico que permita la industrialización y la comercialización de la papa para Coinpacol en municipio de Soracá – Boyacá.

Objetivos Específicos:

- Realizar análisis químico del producto “papa criolla” que permita la determinación del o los procesos necesarios para la industrialización de la papa.
- Realizar un estudio de mercado que establezca oferta, demanda y permita la determinación de mercado a abordar
- Realizar un estudio técnico que comprenda tamaño, localización e ingeniería para la industrialización de la papa en la cooperativa Coinpacol.

■ METODOLOGÍA

Este proyecto de investigación está enmarcado en un estudio exploratorio de enfoque cuantitativo de tipo experimental en lo relacionado con la película biodegradable. Adicionalmente, esta investigación es aplicada dado que usa los conceptos de formulación de proyectos como los de (Miranda Miranda, 2005), también es descriptiva dado que se sustenta sobre fuentes secundarias y primarias que pretenden detallar características específicas de variables de un posible mercado industrial a abordar.

ETAPA 1.

- Análisis químico que permita la transformación en película biodegradable.
- Extracción de la papa criolla, Caracterización evaluando parámetros fisicoquímicos y funcionales.
- Desarrollo y caracterización de película biodegradable

ETAPA 2.

- Realizar un estudio de mercado que establezca oferta, demanda y permita la determinación de mercado a abordar.

ETAPA 3.

- Estudio técnico que comprenda tamaño, localización e ingeniería para la industrialización

■ RESULTADOS

- **R1** Análisis químico del producto “papa criolla” que permita la determinación del o los procesos necesarios para la industrialización de la papa.

A partir de almidón con la incorporación de carotenoides (AM) e hidrocoloide natural (G) que impartan propiedades antioxidantes, lo que permitirá ampliar la vida útil de los alimentos en estantería cuya aplicación abarcara las funcionalidades demandadas por la industria alimentaria. El efecto de diferentes relaciones de AM/G (3:1, 2: 1, 1: 1 y 1: 2, 1:3) en la transparencia de las muestras, la determinación del contenido de humedad, solubilidad en agua, cuantificación de carotenoides, morfología (SEM), color en parámetros CIELab (L^* , a^* y b^*), y propiedades térmicas (DSC/TGA) permitirán caracterizar la película.

Los resultados mostraron que la transparencia de las muestras disminuyó gradualmente con la presencia de AM. La adición de AM disminuyó el contenido de humedad y la solubilidad en agua de las películas. En la actualidad la investigación se encuentra en la fase de caracterización colorimétrica, morfológica, térmica y colorimétrica del sistema.

- **R2.** estudio de mercado que establezca oferta, demanda y permita la determinación de mercado a abordar.

Segmentación de mercado y selección de mercado objetivo.

Se realizó segmentación de mercado por variables, geográficas, demográficas y conductuales realizándose una muestra a mujeres de 20-64 años de estratos 3-5, en donde los resultados indican que el 45% población estrato 3 es la que más utiliza actualmente la *película* y el 26% de este lo utiliza la para cubrir alimentos preparados y frutas; asimismo, el 30% de esta población indica que la mayor ventaja corresponde a que cubre los alimentos, protegiéndolos de los insectos, alcanzando mayor participación en las mujeres de 35 a 49 años, dado que es un grupo en donde se encuentran las mujeres con hijos cuyo promedio de personas por hogar es 4. Los resultados también revelan que el 57% de la población encuestada compra una vez al mes un rollo de película.

Respecto a la película biodegradable la muestra permite establecer que el 96.3% de la población estaría dispuesta a comprarla; además el lugar de compra preferida corresponde a establecimientos donde la persona pueda elegir y recoger la película alcanzando un 42% de aceptación; adicionalmente el 96% de la población revela que podría pagar en promedio \$4.739 adicional al precio actual para evitar la generación de plástico; siendo claramente más consciente la población de estrato 5. El 22.2% indica que el requisito más importante para la nueva película es que conserve los alimentos, seguida por ser biodegradable con el 14%, llama la atención que existe un grupo significativo de personas que no sabe o no responde respecto al requisito más importante para la película y este corresponde al 9.91% siendo una población interesante para convertir en objeto de actividades de marketing, la cual puede ser estimulada usando medios masivos de Facebook y Televisión con resultados de 31% y 26% respectivamente.

- **R3.** Diagrama de operaciones de la industrialización de papa criolla. Esquema detallado que permite identificar intervenciones y transformación de la película a partir de la papa criolla en el cual cada una de ellas aporta valor.



■ CAMPO DE APLICACIÓN

Una vez se dimensiona la demanda potencial y considerando la disponibilidad de insumos apropiados es posible determinar el tamaño óptimo de la planta de producción y plantear la infraestructura necesaria para producir la cantidad de productos demandados; así como la descripción de las etapas del proceso y el detalle de maquinarias requeridas para producir la película biodegradable permitirán entregar una primera fase de un proyecto productivo agroindustrial que pueda continuarse posteriormente como estudio de factibilidad para su futura evaluación.

■ CONCLUSIONES

El presente estudio contribuye a promover el almidón de papa criolla como una fuente alternativa de materia prima para la preparación de películas biodegradables, tema de interés para la industria alimentaria. La relación almidón/hidrocoloide se ha utilizado con éxito como material constituyente. La adición del almidón, polímero natural, influyó en las características de transparencia (parámetro de calidad sensorial), contenido de humedad y solubilidad en agua. Por lo tanto, los resultados parciales de este trabajo revelan perspectivas de investigación para promover al almidón como materia prima en el diseño de películas funcionales.

En Tunja capital del departamento de Boyacá existe un amplio mercado potencial correspondiente a más del 90% de la población que compraría la película biodegradable funcional a partir de la papa criolla y su conciencia ambiental facilitaría el proceso de comercialización; los resultados indican que es posible trabajar en estímulos publicitarios masivos multipantalla siendo la televisión y las redes sociales. La Industrialización de la papa en películas biodegradables requiere de una inversión a determinar en el estudio financiero; sin embargo, los resultados preliminares del proceso planeado en el diagrama de operaciones permiten identificar que requerirá el aporte de diferentes fuentes de financiación dado que requiere de un buen nivel de tecnología.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Buitrago, G. V., López, A. P., Coronado, A. P., & Osorno, F. L. (2004). Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(1), 102-110.
- Fedepapa, & FNFP. (2018). Boletín mensual regional.
- Miranda Miranda, J. J. (2005). Gestión de proyectos identificación - formulación evaluación financiera-económica-social-ambiental. cuarta edición, 523.
- Lita, Y., & Yessenia, J. (2017). Estudio comparativo de los métodos fenol-ácido sulfúrico y antrona para determinar la pureza de dos almidones, usando muestras de almidón de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) (Bachelor's thesis, Quito).

Rodríguez, L. E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. *Revista Agronomía Colombiana*, 28(1), 9–17.

Schmidt, M., Merklein, M., Bourell, D., Dimitrov, D., Hausotte, T., Wegener, K. y Levy, GN (2017). Fabricación de aditivos basados en láser en la industria y el mundo académico. *Anales CIRP*, 66 (2), 561-583.



IMPLEMENTACIÓN DE UN PMA BASE PARA EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CÁQUEZA-CUNDINAMARCA, CON EL FIN DE MEJORAR LAS ACTIVIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Kelly Yojana Gutiérrez Goyeneche, Lina Paola Palacios Alemán, Lusby Yurey Vigoya Rodríguez, Johan Sebastián Rico Fontecha

Universidad de La Salle

Taller de Servicio Municipal

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de la temática de saneamiento debido a que se centra en la gestión de residuos sólidos para su aprovechamiento, abarcando aspectos como el diagnóstico de esta actividad en la cabecera municipal de Cáqueza-Cundinamarca, la optimización de la ruta de recolección selectiva, el diseño y construcción de una estación de clasificación y aprovechamiento piloto para los residuos sólidos aprovechables; todo lo anterior complementado por un trabajo conjunto con la comunidad perteneciente a la asociación de recicladores del municipio y a los habitantes del mismo.

RESUMEN

El proyecto fue constituido por los siguientes ejes fundamentales: en el primer eje se realizó el diagnóstico de la actividad de aprovechamiento de residuos sólidos dentro del casco urbano del municipio, en el segundo eje se optimizó la ruta de recolección selectiva, en el tercer eje se diseñó y construyó una ECA Piloto en la finca Alto de la Cruz, predio de la ASOMEAMO y por último, en el cuarto eje se estableció un plan de trabajo comunitario, con las dos comunidades implicadas, una de forma directa (la ASOMEAMO) y otra indirectamente (población del casco urbano del municipio).

INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Por lo tanto, se puede decir que es un documento que a partir de una evaluación ambiental y social, establece de manera detallada las acciones que se deben implementar durante el desarrollo de un proyecto (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016). Este documento se considera como una herramienta de gestión ambiental de estricto cumplimiento, el cual se fundamenta en la evaluación de aspectos socioambientales de las áreas de influencia directa e indirecta de la ejecución de un proyecto, obra o actividad (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

Para el desarrollo de un PMA es conveniente realizar una adecuada identificación de los aspectos e impactos que pueden surgir o potencializarse con la ejecución de un proyecto u obra, por lo tanto, es conveniente definir las áreas de influencia directa e indirecta que van a sufrir alguna alteración, así como los impactos ambientales de los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos, de tal manera que se generen planes de acción que mejor se adecuen a las problemáticas identificadas.

Por otro lado, en diferentes lugares del país, las asociaciones de recuperadores están atravesando el proceso de formalización y mejoramiento de sus instalaciones de trabajo. En Cáqueza, Cundinamarca se encuentra la Asociación del Medio Ambiente del Oriente – ASOMEAMO, organización que está llevando a cabo la recolección de Materiales Potencialmente Reciclables y Reutilizables MPRR del casco urbano del municipio. Esta asociación tiene una bodega de almacenamiento y su centro de acopio proporcionado por uno de los suscritos a dicha organización, allí se clasifica y acondiciona el material para su posterior venta.

El proyecto, tiene como finalidad implementar un PMA base para el casco urbano del municipio de Cáqueza, con el fin de mejorar las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos y apoyar en la optimización de una ECA Piloto para la ASOMEAMO, que se ubica en la vereda Alto de la Cruz del municipio. En conjunto con la Alcaldía del municipio se ejecutaron acciones de apoyo al cumplimiento de algunas metas propuestas en el PGIRS del 2018 en el aspecto de aprovechamiento.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las actividades de aprovechamiento que realizaban la ASOMEAMO en el municipio de Cáqueza-Cundinamarca, no se encontraban enmarcadas dentro de procesos que permitieran prevenir, mitigar o corregir impactos ambientales propios de su labor, causados por factores como la inadecuada separación en la fuente de residuos sólidos; por parte de los habitantes del casco urbano del municipio, la ausencia de una microruta definida de recolección selectiva y la realización de la clasificación y acopio de materiales a cielo abierto; debido a la carencia de una estructura que albergara el material recolectado por la asociación.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Implementar un PMA base para el casco urbano del municipio de Cáqueza, con el fin de mejorar las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos.



Objetivos Específicos:

- Diagnosticar la línea base del proyecto con el fin de evaluar las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos del casco urbano del municipio de Cáqueza.
- Optimizar el sistema de recolección selectiva para reducir los rechazos de residuos sólidos no aprovechables.
- Diseñar y construir una ECA piloto en la finca Alto de la Cruz que permita mejorar las actividades de aprovechamiento de residuos sólidos del casco urbano del municipio de Cáqueza.
- Establecer un plan de trabajo comunitario que permita fomentar la participación de la población del casco urbano del municipio de Cáqueza.

METODOLOGÍA

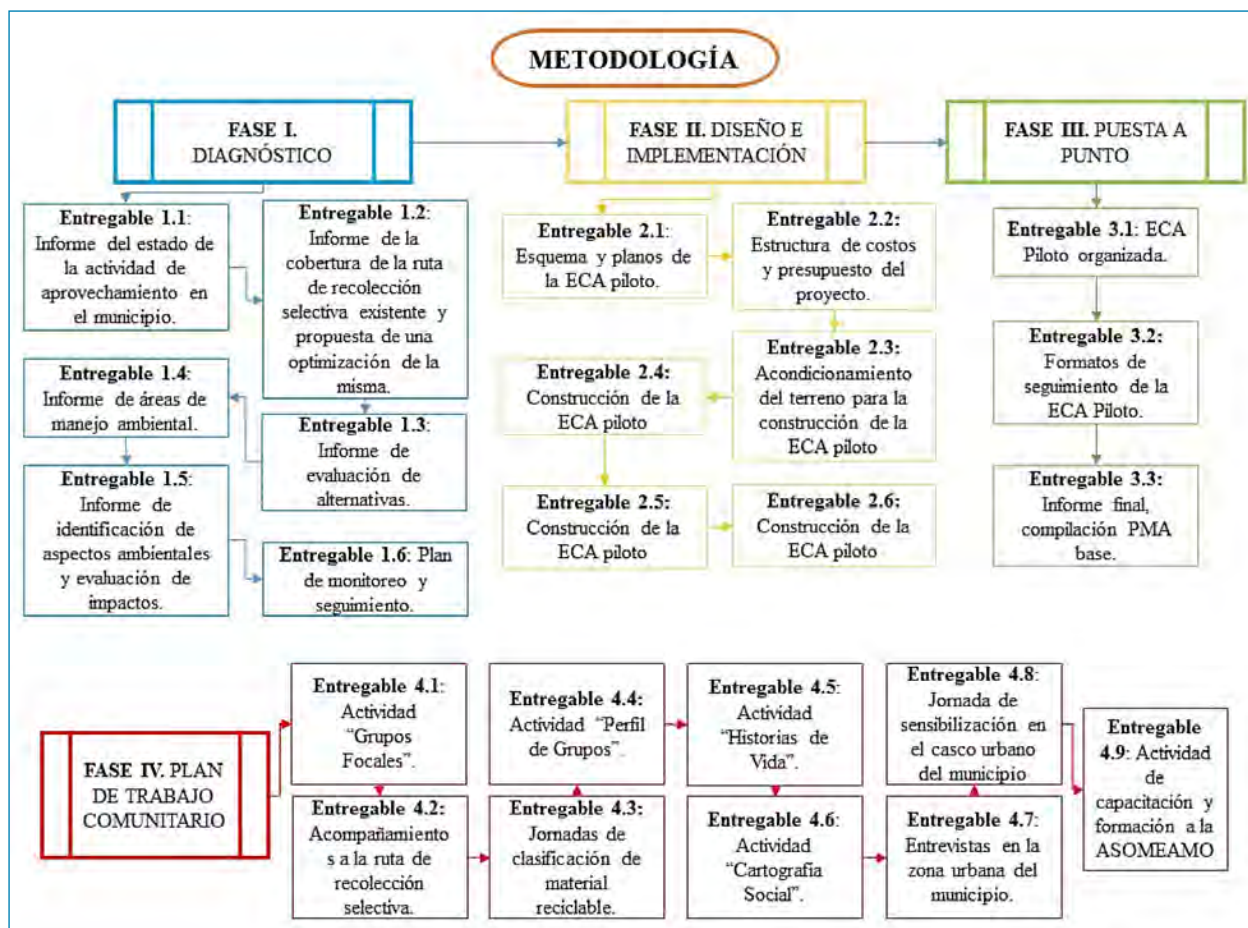


Figura 1. Diagrama de flujo – Metodología del Proyecto. Fuente: Autores

La metodología del proyecto se encuentra organizada por fases, dentro de las cuales se mencionan los entregables que se elaboraron, las FASES I, II y III corresponden al aspecto

ingenieril del proyecto, mientras que la FASE IV muestra el plan de trabajo comunitario que se desarrolló de forma paralela a las FASES I, II y III, evidenciando un trabajo continuo y alterno entre cada aspecto.

■ RESULTADOS

Para la ejecución del primer eje central se realizó una revisión bibliográfica con los documentos oficiales del municipio como lo son el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), el Plan de Desarrollo 2016-2019 y el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), para el segundo eje fue necesario realizar dos acompañamientos a la ruta selectiva actual y determinar las falencias en su recorrido, cobertura, tiempo de realización, cantidad y tipo de residuos recolectados, también se realizó una entrevista hacia la comunidad del casco urbano para determinar su percepción ante la ruta selectiva. En el tercer eje se diseñó y construyó una ECA Piloto, teniendo en cuenta los formatos de registro del material que se entregó a la ASOMEAMO, en los cuales se indicaban la cantidad de material entrante al sitio de acopio, clase de residuos que clasificaban y comercializaban y tiempo de almacenamiento de los mismos. Finalmente, para el cuarto eje, se desarrolló un plan de trabajo comunitario conformado por nueve actividades incluyendo técnicas etnográficas, herramientas de participación comunitaria, capacitaciones y jornadas de sensibilización.

Los resultados obtenidos a partir de las diversas actividades desarrolladas para cada uno de los ejes propuestos fueron en primera medida establecer, para el primer eje, que la actividad de aprovechamiento se encuentra contemplada en el PGIRS, este documento comienza a regir a partir del año 2019 y en él se definieron programas para el aprovechamiento de los residuos sólidos y para la inclusión a los recicladores de oficio, los cuales tienen una asignación presupuestada de \$118'071.404 en un periodo de doce (12) años; sin embargo documentos antecesores a este como el EOT, vigente en la actualidad y expedido en el año 2000, no contempla áreas destinadas para el desarrollo de esta actividad.

Alternamente, se propuso la definición de una alternativa técnica que mejor se ajustara a la solución de las necesidades identificadas, tanto en el casco urbano del municipio como en la finca Alto de la Cruz, lo cual se logró por medio del planteamiento de cuatro posibles opciones en donde la primera de ellas fue la construcción de la ECA piloto, esta tuvo como objetivo evitar la disminución de la calidad del material como consecuencia a la exposición prolongada al sol y a la lluvia; así mismo evitar posibles afectaciones a la salud de los trabajadores debido a la misma exposición. La segunda de las opciones valoradas se enfocó en el fortalecimiento de la ASOMEAMO y fue definida con el objetivo de proponer y/o implementar mejoras en los aspectos técnicos y operativos de la asociación, involucrando la recolección del material por medio de la ruta selectiva y la clasificación de este, que se realiza en el predio en mención. La alternativa número tres se fundamentó en la elaboración de un PMA base para la finca, en donde se incluyó trabajo de sensibilización y capacitación con los recicladores de oficio, con las personas encargadas de la clasificación del material y con los asociados; por su parte, la alternativa número cuatro, implementación de un PMA en el área urbana, buscó reunir de manera integral un conjunto de soluciones que abarcara el trabajo con la totalidad de los



actores que conforman la comunidad, así como involucrar medidas para la optimización de factores técnicos y operativos del aprovechamiento de residuos.

Al establecer y evaluar las cuatro alternativas propuestas mediante el análisis FODA se determinó que las tres primeras alternativas no contemplaban aspectos de gran importancia, como técnicos, operativos o comunitarios, cada una de estas tenían fortalezas enfocadas en cada uno de estos aspectos, de manera independiente, e incluso, a pesar de presentar pocas amenazas, estas eran lo suficientemente significativas para descartar su uso; para el caso de la cuarta alternativa, implementación de un PMA base en el casco urbano, se identificó que incorporaba aspectos como un plan de trabajo comunitario en las diversas etapas del proyecto, el cual propiciaría la realización de acciones encaminadas a la sensibilización de la población urbana y de los recicladores de oficio con la finalidad de fortalecer las actividades de la asociación y de esta manera permitir la optimización de procesos para las dificultades presentadas como la existencia de un importante porcentaje de rechazos de material que llega al sitio de acopio; por otra parte, esta alternativa incluía un plan de trabajo encaminado a dar solución a problemáticas operativas al interior de la ASOMEAMO, entre las cuales estaba la construcción de una ECA piloto y la optimización de las actividades de recolección y clasificación del material; en tal sentido el análisis de la matriz FODA para la cuarta alternativa permitió evidenciar que presentaba fortalezas y oportunidades de gran peso e incluso que sus amenazas no presentaban una criticidad tan marcada como las tres primeras alternativas, siendo estas unas valoraciones relevantes para seleccionarla con la alternativa definitiva.

Una vez seleccionada la alternativa definitiva, se realizó la determinación de las áreas de influencia del proyecto, en donde se incluyó el área directa e indirecta; para la definición de estas se tuvieron en cuenta aspectos ambientales, técnicos y sociales que estaban ligados a la ejecución del proyecto. El área de influencia directa establecida involucró la finca Alto de la Cruz, así como la vía al llano y la microcuenca del río Cáqueza. Con la definición de las áreas de influencia se especificaron las áreas de influencia indirecta, estas fueron el casco urbano del municipio de Cáqueza y el Relleno Sanitario Doña Juana; su selección se fundamentó en los beneficios indirectos que estos pueden recibir con la implementación del proyecto.

Al limitar las áreas de influencia, se efectuó la valoración de los aspectos e impactos ambientales, con dicha valoración se definieron fichas de manejo ambiental para el recurso agua y suelo; los impactos relacionados con el recurso agua están relacionados con la posible contaminación del río Cáqueza; como consecuencia de las prácticas inadecuadas del acopio en la finca Alto de la Cruz, cuya ubicación se encuentra en proximidades del río y a su vez se ubica a una mayor altitud que este, características que influyen la facilidad del arrastre, en épocas de lluvia, del material que no es adecuadamente organizado. Por lo anterior, esta problemática y los impactos que se generan a partir de la misma se abordaron no solo desde las fichas de manejo ambiental para recurso agua sino también para recurso suelo, debido a que la presencia de material no biodegradable sobre la capa vegetal del suelo genera alteraciones a este recurso, como consecuencia de la presencia de materiales de diminuto tamaño ocasionados por la separación del material expuesto a la variabilidad climática. No obstante, el recurso aire también se contempla en la identificación de impactos teniendo en cuenta que, en la implementación de la construcción, al estar el predio a 30 metros de la vía al llano, se pueden generar alteraciones

a la salud humana por contaminación auditiva y por la emisión de PST, contaminantes que son percibidos por las personas que operan en la ECA piloto ya que tiene una exposición promedio de ocho horas, es decir una jornada de trabajo.

Para el segundo eje se realizaron acompañamientos a la ruta de recolección de materiales aprovechables, durante estos fue posible identificar los siguientes datos: cada ruta identificada estaba conformada por dos microrutas, ya que el volumen de residuos recolectados no se podía llevar en un solo viaje, esto causaba la necesidad de ir al punto de acopio dos veces durante el desarrollo de la ruta de recolección selectiva. Los resultados obtenidos en cada acompañamiento son: para el primero cuyo tiempo de duración fue de 4,5, h se atendieron 155 viviendas, recolectando 469 Kg de residuos aprovechables en un recorrido de 16,7 Km. Para el segundo, ejecutado en un tiempo de 4,8 h, se atendieron 161 viviendas, recolectando 540,4 Kg en una distancia de 16,7 Km. Después de los acompañamientos se definió el trazado de una nueva ruta de recolección selectiva, compuesta por dos microrutas, las cuales tienen un recorrido total de 10,2 Km y 10,6 Km, para cada una y una duración de 1,3 horas y 1,8 horas respectivamente, por medio de las cuales se abarcará la totalidad del casco urbano del municipio y se recogerán 1.400 Kg de residuos sólidos aprovechables; adicionalmente a lo anterior, en el segundo eje se realizaron actividades de sensibilización con la comunidad, en las cuales se involucraron 200 locales comerciales y 244 hogares, quienes recibieron información acerca de la segregación en la fuente y los días de operación de la ruta de recolección selectiva; como resultado de estas dos actividades se logró alcanzar la meta propuesta del aumento del más del 5% cada uno de los materiales (papel, cartón, vidrio, Tetra Pak y plástico) que llegan al sitio de acopio de la ASOMEAMO.

Para el tercer eje se diseñó y construyó una ECA piloto, para lo cual se intervino un área de 72 m² y se realizó la instalación de una estructura de 12 m de largo y 6 m de ancho con tejado de zinc y perfilera metálica; esta estructura se diseñó a partir de la proyección de población y de residuos del casco urbano del municipio e involucró zonas para el acopio de los diferentes tipos materiales que recibe la asociación, por lo tanto se destinaron seis áreas de 3,75 m² para el almacenamiento del vidrio, papel, plástico, PET, Tetra Pak, rechazos y para otros tipos de materiales, finalmente un área de 22,5 m² para la ubicación del cartón y un área de 27 m² para la recepción, clasificación y pesaje del material.

Por otro lado, los resultados del último eje referente al plan de trabajo comunitario, se dividió en dos comunidades, una directamente implicada (ASOMEAMO) y otra indirectamente implicada (población casco urbano municipio), además se desarrollaron varias técnicas etnográficas, herramientas de participación comunitaria, capacitaciones y jornadas de sensibilización. Con la comunidad directamente implicada se constituyeron compromisos por parte de la Alcaldía Municipal y la Policía Nacional frente a las problemáticas evidenciadas por los recicladores de oficio durante el desarrollo de su trabajo; así mismo se establecieron mejoras en los procesos internos de la asociación como el registro del material recibido. También se identificaron características sociales, económicas y culturales de los recicladores de oficio, entre las que se destacan que el 58% de los recicladores son de género masculino, el 77,77% de los recicladores de oficio cursaron su último grado en primaria, el 54,54% de estas son personas entre los 31 y 69 años y el 63,63% son cabeza familia. Asimismo, se desarrollaron capacitaciones de gestión



de residuos sólidos y buenas prácticas de SST, donde se contó con la participación de 24 recicladores de oficio. Con la comunidad indirectamente implicada se desarrollaron jornadas de sensibilización y entrevistas; por medio de estas se entregaron bolsas plásticas para incentivar la segregación en la fuente, también se distribuyeron volantes alusivos a la forma adecuada de separar en la fuente incluyendo la correcta presentación del material aprovechable y la socialización de los días de operación de la ruta de recolección selectiva, a la vez, se difundió por medios de comunicación como radio e internet información concerniente al proyecto y la actividad de aprovechamiento dentro del municipio.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación del proyecto dependerá de los siguientes factores:

1. Aplicación en municipios con asociación de recicladores debidamente establecida por la ley.
2. El municipio debe tener establecido o en elaboración el PGIRS.
3. El municipio o la asociación de recicladores deben disponer de un predio destinado para clasificación y acopio de materiales.
4. Para una mejor implementación del proyecto se deben contar con recursos económicos del municipio dentro de su presupuesto destinados para la actividad de aprovechamiento.
5. La actividad de aprovechamiento de residuos sólidos debe estar contemplada en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio o algún documento equivalente.
6. A la hora de la implementación del proyecto se debe tener en cuenta lo dispuesto en el Decreto 596 de 2016 o documento semejante al momento de realizar el proyecto.

■ CONCLUSIONES

- El EOT del municipio no tiene en cuenta la actividad de aprovechamiento de residuos sólidos, se menciona que se deben generar medidas para fomentar esta actividad. Es notable que un factor determinante por el que no se tiene en cuenta esta actividad es la antigüedad del documento mencionado, ya que fue expedido en el año 2000, por lo que es necesario que en la próxima actualización se incluyan aspectos concernientes al aprovechamiento de residuos sólidos no solo en el casco urbano del municipio, sino también en cada una de las veredas que representan la zona rural.
- El Plan de Desarrollo 2016-2019 posee un apartado en específico para Saneamiento Básico, se encuentra integrado con el sector de Agua Potable, en este se propone un programa relacionado con reciclaje, conjuntamente plantea mantener el servicio de recolección de basuras a los 1764 usuarios que hacen parte del casco urbano del municipio, cabe aclarar que este documento no especifica las estrategias o medidas que conlleven al logro de los objetivos planteados en el programa de reciclaje, tampoco menciona las alternativas para

alcanzar las metas de la implementación o mantenimiento de los programas y los proyectos que giran en torno a la temática de aprovechamiento.

- El PGIRS hace un desglose completo de la línea base de la actividad de aprovechamiento por medio de la caracterización de residuos, el censo a los recicladores de oficio y la visita a las instalaciones e identificación de la asociación de recicladores ASOMEAMO, simultáneamente identifica mediante la metodología de árbol de problemas y objetivos las principales problemáticas que son: la disposición inadecuada de materiales reciclables y la inexistencia de una infraestructura adecuada para la gestión y manejo del material recolectado. Según este documento, las medidas por las cuales estas problemáticas se podrían solucionar o mejorar están contempladas en dos programas, el primero es el programa de aprovechamiento y el segundo es el programa de inclusión a los recicladores de oficio, estos tienen un costo de inversión de \$118'071.404 en un periodo de doce (12) años y serán ejecutados desde inicios del año 2019, cuando entrará en vigencia el PGIRS.
- Con el desarrollo de estos acompañamientos fue posible identificar que la ASOMEAMO no contaba con una ruta de recolección definida lo cual ocasionaba que no abarcaran la totalidad del casco urbano y que adicionalmente recorrieran las mismas zonas más de una vez; como solución a esta problemática se plantearon dos microrutas, de las que se espera atender a 1267 viviendas, recolectando 1482 Kg de residuos aprovechables, en un recorrido de 20,7 Km, durante un tiempo de 3,1 h.
- Con el trazado e implementación de la ruta de recolección propuesta la ASOMEAMO no solo realizará la ruta selectiva en la totalidad del municipio, sino que también mejorará el tiempo destinado a la actividad de recolección e incluso se favorecerá en el ahorro de combustible.
- Se desarrollaron actividades enfocadas a la reducción de rechazos, las cuales se encaminaron a la sensibilización de la comunidad del casco urbano logrando la disminución del 30,24% de los rechazos entre los meses de septiembre y octubre en 2018, de igual manera se consiguió que entre estos meses aumentara el ingreso del material aprovechable, el papel en 14,74%, cartón en 5,07%, vidrio en 5,37%, Tetra Pak en 5,90% y plástico en 3,75%.
- Las problemáticas identificadas en el lote de la finca Alto de la Cruz, destinado para el desarrollo de las actividades de recepción, clasificación y acopio del material reciclable recolectado por la asociación, permitieron evidenciar la necesidad que tenía la ASOMEAMO de contar con una infraestructura que mitigara la exposición del material a la variabilidad climática de la zona y por ende la disminución de diversos impactos ambientales; como resultado se realizó la adecuación de un área de 72 m² de la finca en mención que involucró la nivelación del terreno.
- En el último objetivo planteado se obtuvo la participación de los recicladores de oficio y la población de la cabecera municipal en las diferentes actividades programadas; mediante las técnicas etnográficas y herramientas de participación comunitaria, se establecieron compromisos entre la asociación y actores gubernamentales como: la actualización del censo de los recicladores a cargo de la Secretaría de Desarrollo Económico, el acompañamiento de la Policía para evitar que personas ajenas a la asociación y al municipio desarrollaran



la actividad de aprovechamiento. De la misma forma se plantearon mejoras a los procesos internos como el trazado de la nueva ruta de recolección y la implementación de formatos de registro para el control de la masa de materiales reciclables que llegan al sitio de acopio.

- Se identificó que la población del casco urbano destaca y manifiesta que es de su interés apoyar la labor de los recicladores, sin embargo, otra parte de la población expresa que realizarían la entrega adecuada del material reciclable siempre y cuando les sea entregado dinero a cambio, es decir que si los recicladores les compra los residuos aprovechables.

■ BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Infraestructura. (2016). ANI. Obtenido de <https://www.ani.gov.co/glosario/plan-de-manejo-ambiental-pma>

Consejo Municipal de Cáqueza. (2000). *Esquema de Ordenamiento territorial de Cáqueza*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (15 de octubre de 2014). Decreto 2041 de 2014. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/34-DECRETO%202041%20DEL%2015%20DE%20OCTUBRE%20DE%202014.pdf>

P&P Gestión Integral. (2018). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Cáqueza, Cundinamarca*. Cáqueza.

Universidad Nacional de Colombia. (2015). Obtenido de http://www.unal.edu.co/contratacion/2016/IP_Obras_PreliminaresyPilotaje_Tumaco_11102016/Anexo%208.%20Plan%20de%20Manejo%20Ambiental%20ORIO.pdf



EJECUCIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN HÍDRICA DE LA VEREDA “LA FLORIDA” (UNIDAD II DEL DISTRITO DE RIEGO Y DRENAJE DE LA RAMADA) EN EL MUNICIPIO DE FUNZA, CUNDINAMARCA

Nathaly Rivera Alcázar, Jhonson Sebastian Arenas Soler, María Fernanda Rodríguez Rivera, Héctor Andrés Castro Ballesteros

Universidad de La Salle

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: Funza cuenta con un área rural de 66 km² con principal vocación agrícola en cultivos hortícolas. Para el riego son utilizadas aguas procedentes de la cuenca oriental del río Bogotá, abastecido a través del Distrito de Riego y Drenaje La Ramada. De allí, surge un aspecto importante asociado al manejo del recurso, considerándose factores como su disponibilidad, uso adecuado y conservación dada por los usuarios, entre otros. Con la ejecución del plan de gestión se pretende aportar alternativas para mejorar el manejo del recurso, teniendo en cuenta que Cundinamarca es catalogada como el segundo productor de hortalizas a nivel nacional.

RESUMEN

Se realizó un diagnóstico ambiental de la calidad, oferta y demanda del recurso hídrico en la vereda La Florida. Con base en este, se formuló un plan de gestión hídrica sobre estos tres ejes. En términos de calidad, se encontró la presencia de metales pesados en las aguas de riego, superiores a las máximas permitidas por la normatividad colombiana. De las alternativas planteadas, la fitorremediación fue seleccionada para su implementación. En relación con la oferta y demanda, se identificó una alta presión sobre el recurso, por lo que se formuló un programa de uso y ahorro eficiente de agua.

INTRODUCCIÓN

El agua, como insumo trascendental en las actividades agrícolas, debe cumplir con ciertos criterios como cantidad, disponibilidad y calidad. Este último, representa una gran relevancia en el marco de la salud pública y seguridad alimentaria [1], entendiendo los riesgos asociados al consumo de alimentos regados con aguas contaminadas, los cuales, superan en muchos casos los umbrales de la Organización Mundial de la Salud [2].

En la Sabana de Bogotá, más específicamente en la zona occidental donde existe una amplia actividad agrícola, se conoce que el agua para riego procede principalmente del río Bogotá



[1]. En ese sentido, la cuenca del río Bogotá juega un papel fundamental en el desarrollo de las actividades agrícolas en la sabana del centro del país. No obstante, a lo largo de esta, las actividades antrópicas aportan niveles importantes de metales pesados, tales como los vertimientos por la agroindustria y la actividad minera en el tramo de la cuenca alta, las curtiembres de San Benito en la cuenca media y la industria ganadera en la cuenca baja [3].

El agua para riego es distribuida por los canales del Distrito de Riego y Drenaje (DRD) La Ramada, los cuales, también reciben aguas residuales de las viviendas y municipios que lo circundan [1]. El DRD La Ramada abastece a los municipios de Mosquera, Funza, Madrid, Tenjo, Cota y Bojacá, y presenta una problemática constante en el ordenamiento ambiental del territorio que se atribuye al crecimiento de Bogotá y los cascos urbanos de los municipios mencionados, generando una disminución de las áreas con aptitud agrícola y de conservación [4].

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los agricultores de la Sabana de Bogotá son conscientes de la mala calidad del agua que usan para irrigar sus cultivos; sin embargo, proclaman que se ven obligados a hacerlo, pues no cuentan con otra fuente [5]. Esto sumado a: (1) la poca rentabilidad actual de la producción agrícola por la deficiencia de políticas nacionales que apoyen al sector agropecuario, (2) la baja productividad y pérdida de cultivos por la mala calidad y escasez del agua, (3) las enfermedades dermatológicas ocasionadas por el contacto directo con esta agua, entre otras.; ha dado como resultado la clausura de varios viveros en la zona.

■ OBJETIVOS

- Identificar de las condiciones actuales del recurso hídrico en la vereda La Florida en términos de calidad, oferta y demanda.
- Formular un plan de gestión de hídrica en la vereda de La Florida que permita garantizar la sostenibilidad del recurso basado en los objetivos de calidad, oferta y demanda de la PNGIRH.
- Evaluar la eficiencia de una de las alternativas propuestas en alguno de los puntos de muestreo.

■ METODOLOGÍA

De acuerdo con la PNGIRH, las problemáticas actuales sobre el recurso hídrico se derivan en temas de oferta, demanda, calidad, riesgos, planificación, administración, seguimiento y monitoreo, normativa y gobernabilidad [6]. El presente proyecto se enfocó en los tres primeros, en los cuales se realizó un diagnóstico del estado actual del recurso en la vereda La Florida; y con base en los resultados obtenidos, se formuló un plan de gestión hídrica como se describe a continuación.

1. Diagnóstico del recurso hídrico

1.1. Calidad. Se realizaron muestreos integrados (puntos 1 y 2) y compuestos (puntos 3, 4, 5 y 6) en el área de estudio (ver Figura 1). El muestreo fue llevado a cabo desde las 8:10 de la mañana hasta las 5:35 de la tarde del 8 de septiembre del 2018. Las muestras fueron preservadas de acuerdo con el protocolo del IDEAM, y analizadas el 11 de septiembre de 2018. Se midieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con los criterios de calidad para uso agrícola establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.5 del decreto 1076 de 2015.

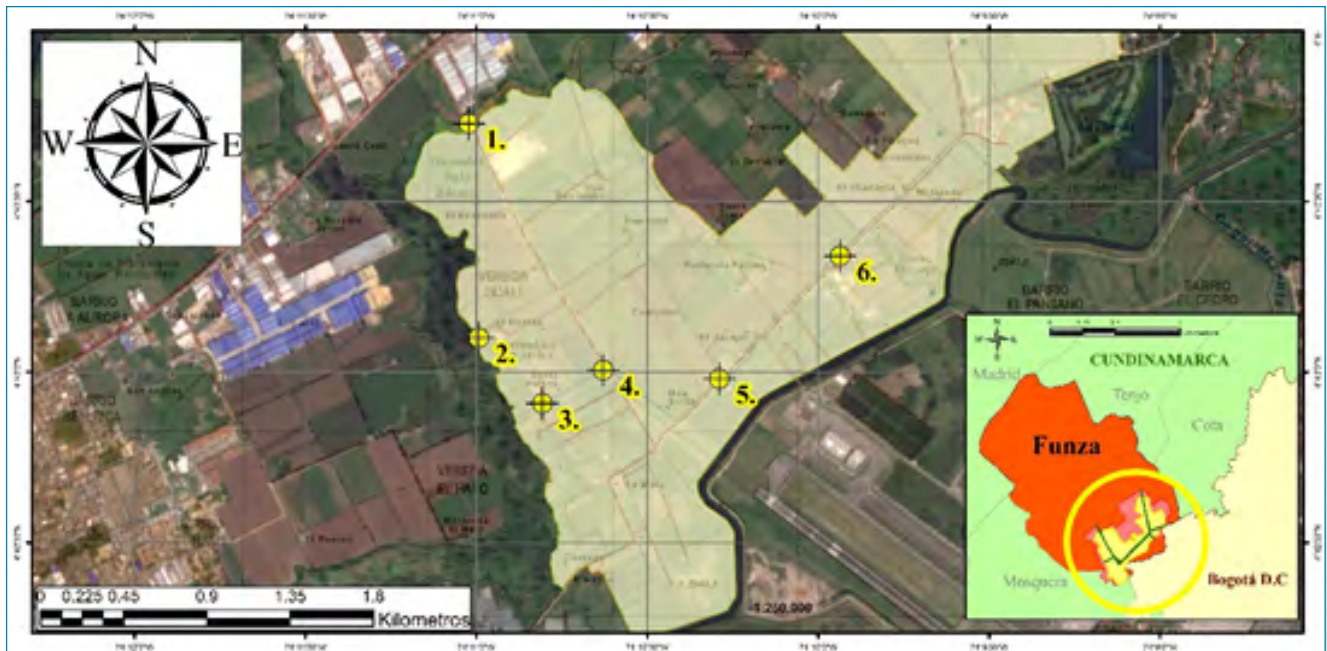


Figura 1. Puntos de muestreo en la vereda La Florida, Funza, Cundinamarca.

Fuente: Elaboración propia.

1.2. Oferta y demanda. La estimación de la oferta hídrica se determinó basados en la disponibilidad de agua, identificando las principales fuentes de la vereda La Florida e información suministrada por la CAR sobre los caudales promedio de las concesiones de agua que maneja la Unidad II del DRD. La demanda fue calculada mediante un balance hídrico agrícola, considerando únicamente los cultivos presentes a la fecha. A partir de estos, se calculó el Índice de Uso de Agua (IUA), el cual, establece la cantidad de agua utilizada por los diferentes usuarios en un período y espacio determinado, dando una estimación del nivel de presión sobre el recurso en dicha área.

2. Formulación y ejecución del plan de gestión hídrica

El plan de gestión hídrica se formuló tomando como referencia la PNGIRH, considerando los tres objetivos ya mencionados. En este se plantearon diferentes alternativas que pretenden dar respuesta a las problemáticas encontradas en la vereda La Florida en la fase diagnóstica. Se seleccionó una de las alternativas presentadas en el objetivo de calidad, y se evaluó la eficiencia



de su implementación en la disminución de la concentración de un parámetro de interés, en uno de los puntos de muestreo.

■ RESULTADOS

1. Diagnóstico del recurso hídrico

1.1. Calidad. Se hace evidente la presencia de algunos metales pesados en concentraciones elevadas, tales como el cadmio, hierro y molibdeno (Tabla 1). Este resultado concuerda con los reportes realizados por el IDEAM en el 2015, en donde se afirma el alto nivel de contaminación presente en la cuenca del río Bogotá, principalmente por cadmio [7]. Teniendo en cuenta que los metales son absorbidos por las plantas cultivadas, se puede inferir que algunas de las hortalizas producidas podrían no ser del todo seguras.

Tabla 1. Valores promedios de parámetros fisicoquímicos del agua de los puntos de muestreo seleccionados en la vereda La Florida.

Parámetro	Unidad	Punto de muestreo						Valor admisible
		1	2	3	4	5	6	
Aluminio	mg/L	0,425	0,166	0,027	0,187	0,070	0,105	5,0
Cadmio	mg/L	0,021*	0,006*	<0,001	0,009*	<0,001	0,022*	0,001
Cinc	mg/L	0,64	0,38	0,32	0,30	0,26	0,20	2,0
Cobre	mg/L	0,04	<0,01	0,01	0,01	0,05	<0,01	0,2
Cromo	mg/L	0,035	0,027	0,016	0,050	0,010	0,029	0,1
Hierro	mg/L	33,2*	0,7	6,5*	5,6*	1,9	4,8	5,0
Molibdeno	mg/L	4,7*	1,3*	0,6*	0,5*	2,7*	4,1*	0,01
Coliformes totales	NMP/mL	<0,9	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<5000
pH	unidades	2,99*	5,56	5,67	5,58	5,80	5,79	4,5-9,0
Conductividad eléctrica	mS/cm	2,59	0,42	0,91	0,86	0,83	0,90	-

Valores superiores al admisible establecido en el art. 2.2.3.3.9.5. del decreto 1076 de 2015.

De hecho, en el 2014 la Universidad de Los Andes manifestó la presencia de metales en las legumbres cultivadas en la Sabana de Bogotá y su asociación a los eventos notificados de enfermedades transmitidas por alimentos e intoxicación por metales pesados en las diferentes localidades de la ciudad de Bogotá [8]; permitiendo identificar las afectaciones a la salud, que este tipo de práctica agrícola ha generado en los últimos años.

Ahora bien, en la mayoría de los puntos de muestreo se evidenció que la concentración de cadmio se encuentra por encima de los valores permisibles por la norma, lo cual, representa una situación de riesgo debido a la bioacumulación del metal en plantas y animales. En el caso del molibdeno, presentó concentraciones elevadas respecto a la norma en todos los puntos de muestreo, asociado principalmente a fertilizantes agrícolas [9]. El principal problema asociado al riego con agua en altas concentraciones de molibdeno es que este compuesto es absorbido y concentrado por las plantas. Las altas concentraciones de molibdeno rara vez retrasan el

crecimiento de las plantas, pero pueden causar problemas tóxicos en animales rumiantes que se alimentan de estas [10].

A nivel específico entre los puntos, se observa en el punto 2 (el cual recibe aguas provenientes del punto 1) una disminución considerable en los parámetros de hierro, cadmio y molibdeno. Se presume que este hecho está asociado a la presencia de buchón de agua en el pozo de almacenamiento del predio. Es conocido que esta especie se caracteriza por ser una planta hiperacumuladora de metales pesados atribuido a su capacidad de remover As, Cu, Pb, Ni, Zn, Cr, Cd y Hg [12].

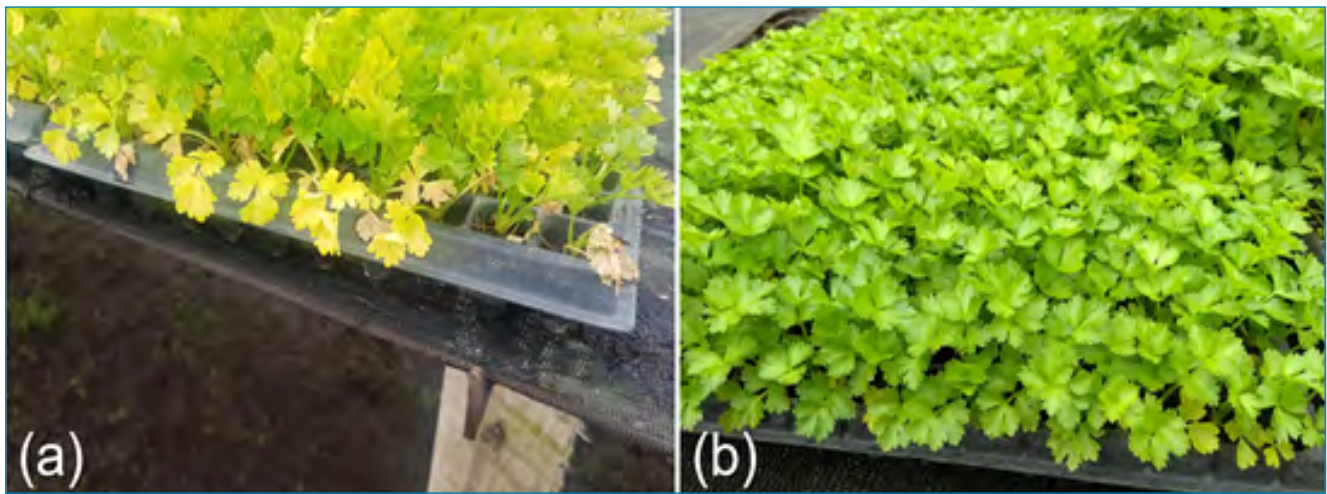


Figura 2. Cultivo de perejil (a) irrigado con agua del Distrito de Riego sin tratamiento previo y (b) con dosificación de producto vitamínico.

En la figura 2a se observa claramente las patologías generadas por el uso del agua del DRD La Ramada en estas plantas, mostrando coloraciones amarillentas (clorosis) y pardas (necrosis) en el follaje, siendo esta última, la expresión dada por la muerte del tejido vegetal. En el predio que se encuentra ubicado dentro del punto 2, los agricultores recientemente están probando la dosificación de un producto químico, a base de vitaminas recomendado por un agrónomo, que como se observa en la figura 2b, ha derivado efectos altamente positivos en el desarrollo de los cultivos.

Por otra parte, dos de los parámetros más importantes dentro de la calidad del agua de riego es la salinidad y el contenido de sodio, debido a los problemas que la salinización de los suelos trae consigo en relación con la fertilidad de los mismos. La conductividad eléctrica es un parámetro de gran importancia en la cuantificación de este proceso, puesto que este permite estimar el riesgo de salinidad de los suelos [11]. De acuerdo con los criterios de evaluación de la calidad del agua de riego propuesto por García, es posible establecer el grado de restricción en el uso del agua para riego [12].



Tabla 2. Criterios en evaluación de la calidad del agua de riego por salinidad.

Grado de restricción	Conductividad eléctrica (mS/cm)
Ninguno	<0,7
Ligero a moderado	0,7 – 3
Severo	> 3

Fuente: Adaptado de García, 1995.

A partir de la tabla 2, se puede deducir que todos los puntos, a excepción del 2, no son aptos para el riego de cultivos desde la evaluación por salinidad. Esto puede asociarse a que en el predio correspondiente al punto 2, se dosifica cal, lo cual elimina las sales minerales de calcio y magnesio, teniendo en cuenta el uso potencial que tiene este producto en el ablandamiento del agua [12].

1.2. Oferta. Una de las principales fuentes hídricas presentes a lo largo de la vereda La Florida es el Humedal Gualí-Tres esquinas, el cual, también constituye un elemento fundamental para la operación del DRD La Ramada [13]. Otra fuente principal proviene de los humedales existentes en la Sabana y el Distrito Capital, que pertenecen a la Cuenca del río Bogotá [14]. El tramo del río Bogotá que pasa al sur de la vereda La Florida y a las inmediaciones del Aeropuerto Internacional El Dorado se interconecta con el DRD La Ramada y con el Humedal el Gualí-Tres Esquinas en varios puntos. En cuanto a los datos de concesiones proporcionados por la CAR, se estima que el caudal medio de uso anual del DRD La Ramada para la vereda La Florida es de aproximadamente 5'058.690 m³.

1.3. Demanda. En su gran mayoría, se utiliza el agua proveniente de la Unidad II del DRD La Ramada y del Humedal el Gualí en las actividades agrícolas de la vereda La Florida, fundamentalmente para el cultivo de hortalizas. A partir del balance hídrico agrícola realizado, se estimó que la demanda anual es de aproximadamente 3'906.500 m³, con déficit en la mayoría de los meses (julio-septiembre y diciembre-marzo). Con esto, se obtuvo un IUA de 77%, lo cual, indica una presión muy alta del recurso pues la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.

2. Formulación y ejecución del plan de gestión hídrica

2.1. Calidad. Para la ejecución de este proyecto se consideraron cuatro alternativas: filtración (con cascarilla de arroz y carbón activado); coagulación, floculación y sedimentación; fitorremediación y aireación (en bandejas), para la remoción de metales pesados, regulación del pH y el contenido de sales. Entre estas, se estableció a la fitorremediación como una de las opciones más viables debido a los bajos costos, facilidad en implementación y operación, etc.

Esta alternativa consiste en el uso de especies vegetales que tienen la capacidad de extraer y acumular altas concentraciones de algunos contaminantes del agua [15]. Este tratamiento ya era empleado en el sitio de implementación, por lo cual, se decidió incluir lentejas de agua (*Lemna minor*) para evaluar si aumentaba significativamente la eficiencia del tratamiento. El sistema ejecutado inicia con la captación del agua en un tanque, en el cual, se encuentran las especies

mencionadas; que luego se bombea a un tanque de homogeneización, donde se agrega cal; y finalmente llega es distribuido a los cultivos, como se ilustra en la figura 2.

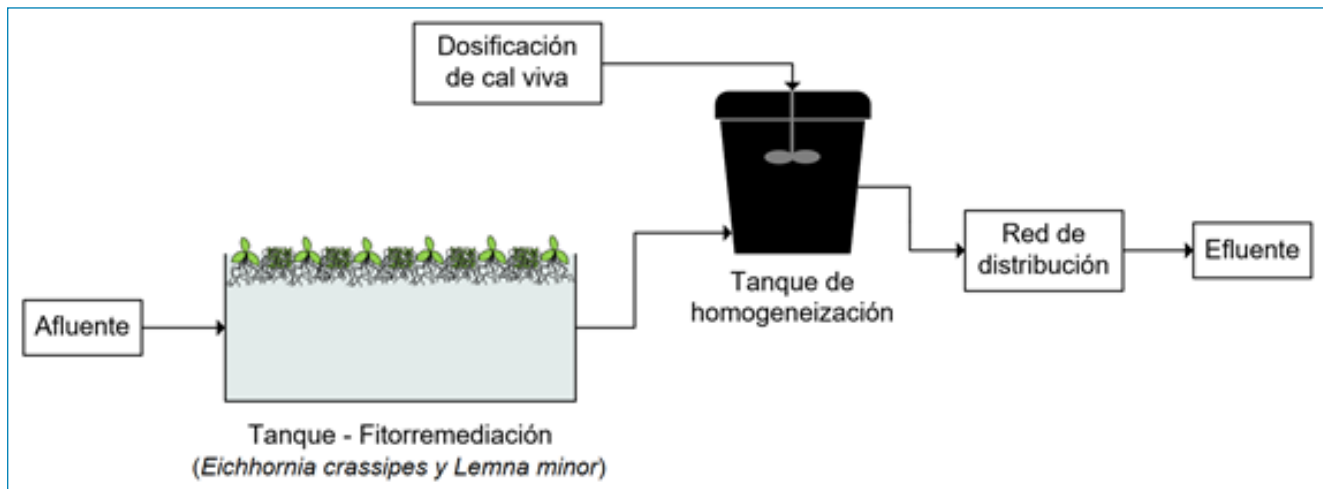


Figura 3. Diagrama de proceso de la alternativa ejecutada.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar, que el tanque de captación fue adecuado de tal manera que, no ocupará completamente la superficie del cuerpo de agua, garantizando la oxigenación de esta. Adicional, se acordó con la dueña del predio realizar mantenimiento a este, dos veces al mes, con el fin de evitar condiciones de eutrofización. Como resultado de la alternativa propuesta, se obtuvo la reducción de la concentración de molibdeno en un 30% luego de 15 días de su implementación, lo cual, implica una alta eficiencia teniendo en cuenta el poco tiempo de evaluación.

2.2. Oferta y demanda. Se formuló el programa de uso eficiente y ahorro de agua, el cual hace parte de las líneas de acción estratégicas en la intervención de los objetivos de la PNGIRH, principalmente de demanda. Dentro de este, se hizo énfasis en la modificación del tipo de riego que se realiza en la zona. El riego por aspersión, a pesar de su alto uso nacional y de tradición en el caso de la vereda, necesita mejorar el proceso de manejo en los intervalos de tiempo, disminuyendo así y favoreciendo el ahorro de agua y energía. De ahí, que se puede tener otras alternativas de riego como sistemas de baja presión, por su fácil manejo y automatización; además de considerar el riego en horas de la noche, por menor evaporación, velocidad del viento y costo energético.

CAMPO DE APLICACIÓN

El presente proyecto tiene aplicaciones en el campo de la agricultura, específicamente para el tratamiento de las aguas que se usen para actividades agrícolas. Adicionalmente, como modelo para la determinación de presión sobre el recurso hídrico a partir de la estimación de la oferta y la demanda.



■ CONCLUSIONES

La vereda La Florida requiere de la aplicación de instrumentos de gestión del recurso hídrico, que contribuyan al mantenimiento de la calidad del agua del DRD, así como herramientas de regulación de la oferta y demanda para permitir el uso eficiente del mismo, en compañía de los entes territoriales. En cuanto a las alternativas para mejorar la calidad del agua de riego, la fitorremediación constituye una de las más viables para la situación actual de la zona, pues además de ser eficaz en la remoción de algunos metales pesados, representa ventajas a nivel económico y técnico, que facilitan su implementación.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Bustos, M. (2017). *Evaluación de alternativas de tratamiento para reuso de aguas residuales en agricultura en la sabana Occidental de Cundinamarca* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/70070/2/1018404125.2018.pdf>
- [2]. Hoi, M. y Hamilton, A. J. (2014). Exposure Factors for Wastewater Irrigated Asian Vegetables and a Probabilistic Rotavirus Disease Burden Model for Their Consumption. *Risk Analysis*, 34(4), 602-613, doi: <https://doi.org/10.1111/risa.12178>
- [3]. Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77.
- [4]. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2010). *Carta Ambiental. Distritos de riego: Equilibrio entre productividad y ambiente* [en línea]. Bogotá D.C., Colombia. Disponible en: <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/15/Carta%20Ambiental%2025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5]. Mendivelso, N. (2007). *De agua residual a pura agua* [en línea]. Unimedios. Disponible en: <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/103/07.html>
- [6]. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá, D.C.: Colombia. p. 124.
- [7]. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá, D.C., Colombia, pp. 496.
- [8]. Semana Sostenible. (2017). Alimentados con agua del río Bogotá. *Semana*. Recuperado de: <http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/el-agua-del-rio-bogota-se-utiliza-encultivos-y-ganaderia/36796>
- [9]. Harkness, J. S., Darrah, T. H., Moore, M. T., Whyte, C. J., Mathewson, P. D., Cook, T., y Vengosh, A. (2017). Naturally Occurring versus Anthropogenic Sources of Elevated Molybdenum in Groundwater: Evidence for Geogenic Contamination from Southeast

Wisconsin, United States. *Environmental Science & Technology*, 51(21), 12190–12199. doi:10.1021/acs.est.7b03716

- [10]. Servicio Agrícola y Ganadero [SAG]. (2005). *Criterios de calidad de suelos y de aguas o efluentes tratados para uso en riego*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- [11]. Méndez, F., y González, J. (2009). Evaluación de la calidad de agua de riego usada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia). *Revista Tumbaga*, 4, 73-84.
- [12]. García, L. A. (2009). *Metodologías de evaluación del impacto ambiental* [en línea]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04Lag104de09.pdf>
- [13]. Domínguez, M, Gómez, S., y Ardila, A. (2016). Fitorremediación de mercurio presente en aguas residuales provenientes de la industria minera. *UGCiencia*, 22, 227-237.
- [14]. Vasco, S., y Sánchez, L. (2017). *Análisis de la gestión ambiental del Humedal Gualí-Tres Esquinas, Vereda El Hato (Funza, Cundinamarca)* [en línea]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5920/1/VASCO%20ZAMUDIO%20SORANLLY%20PAOLA%202017.pdf>
- [15]. Moreno, V., García, J., y Villalba, J. C. (2000). *Descripción general de los humedales de Bogotá, D.C.* [en línea]. Sociedad Geográfica de Colombia: Academia de Ciencias Geográficas. Disponible en: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>
- [16]. Ruiz, J. (2011). Evaluación de tratamientos para disminuir cadmio en lechuga (*Lactuca sativa L.*) regada con agua del río Bogotá. *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 233-243.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL RECICLAJE DE TAPAS DE PLÁSTICO

Tania Lorena Fuentes Salcedo, Daniela Londoño Martínez,
Jaime Arcos-Legarda¹

Universidad de San Buenaventura Bogotá

**Programa de Ingeniería Mecatrónica, Semillero de investigación
SICON**

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: Este proyecto está enfocado en la gestión de residuos sólidos específicamente el polipropileno, el cual es encontrado principalmente en las tapas utilizadas para el sellado de envases los cuales son altamente comercializados en la actualidad. Se busca impulsar el aprovechamiento y tratamiento de este material, ya que resulta de fácil obtención e ideal para procesos de inyección, soplado y termoformado. Así mismo, se quiere promover el reciclaje en la sociedad bogotana, con un trasfondo de ayudar al medio ambiente en general por medio de la reutilización de este plástico.

RESUMEN

Los plásticos que terminan en la basura pierden la posibilidad de ser reciclados, por lo que este trabajo usa un enfoque de diseño mecatrónico para desarrollar una máquina trituradora de tapas plásticas. A través del diseño, construcción y pruebas de un prototipo que cumpla el objetivo planteado. Se caracteriza por una alta eficiencia de transformación de material reciclado con bajo costo energético y con una inversión inicial razonablemente baja. Finalmente, la construcción del prototipo permite llevar a cabo un proceso de evaluación que revela las ventajas de la recuperación de material plástico y su efecto benéfico en la sostenibilidad ambiental.

INTRODUCCIÓN

En el país se producen millones de toneladas de residuos sólidos al año que no son aprovechados como deberían y terminan en basureros que pronto no tendrán espacio gracias al creciente aumento de producción de residuos. El plástico es uno de los residuos sólidos que menos se aprovecha, cuando se podría reciclar en gran porcentaje. A través de un prototipo para reciclar buscamos darle un mejor fin al plástico que ha sido usado y desechado. Por medio de un sistema de triturado reducimos el volumen del material recogido y entregamos en forma de materia

¹ Tutor del proyecto. Email: warcos@usbbog.edu.co

prima estos residuos para procesos posteriores que crearan nuevos objetos y reducirán el uso de materia prima virgen (Londoño Martínez y Fuentes Salcedo 2019).

A lo largo de este procedimiento nos encontramos que se trabaja con este mismo propósito, pero se cuenta con diferentes diseños como trituradoras de PET (Mateus 2016) que resaltan por su manera de atrapar el material gracias a un eje con cuchillas desfasadas, pero con un mal rendimiento si no están afiladas como se expone en varios casos (Muñoz 2005). Empresas encargadas del tratamiento de plástico reciclado también se enfrentan a este problema y ofrecen soluciones por medio de diseños de cuchillas escalonadas para distribuir mejor la fuerza y ofrecer un corte tipo tijera buscando ahorra energía, mayor la confiabilidad y mejor recirculación del material para ser aprovechado (D. F. Hernández 2018). Algunos diseños planteados cuentan con cuchillas fijas y cuchillas rotatorias (Rea 2009) las cuales permiten fácil mantenimiento y bajo consumo energético, sin embargo, se debe evitar la generación de calor adicional por el rozamiento ya que se producen partes defectuosas (J. L. Hernández 2014) cuando se trabaja a más de 1700 rpm. Por otro lado, se ha mostrado que la configuración de dos cuchillas rotativas en la trituración de plásticos (Merodio 2013) soportan mejor los esfuerzos al momento del corte.

La solución es clara, reutilizar los recursos. El prototipo busca innovar por medio de la distribución de sus cuchillas aprovechando el material reciclado en su mayoría, con bajo consumo energético, alta producción y fácil mantenimiento. Por lo que es necesario desarrollar una máquina para reciclar plástico post consumo y producir materia prima, por medio de un diseño, comprobación, construcción y pruebas que permitan demostrar que cumplirá el objetivo propuesto.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El plástico producido a través del petróleo es un producto indispensable en la vida moderna, cuenta con muchas ventajas, pero una vez utilizado se convierte en una de las mayores dificultades a las que se enfrenta el planeta. Según la misión de crecimiento verde del Departamento Nacional de Planeación en Colombia se generan aproximadamente 11,6 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de los cuales se podría aprovechar el 40% (Monterrosa 2019). Sin embargo, solamente se recicla alrededor del 17% con tan solo un 3.4% de plásticos (Chachón 2017).

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar y construir una máquina que tenga la capacidad de procesar tapas plásticas postconsumo convirtiéndolas en materia prima.

Objetivos Específicos:

- Diseñar un sistema mecánico y eléctrico de una máquina trituradora de tapas de plástico post consumo.



- Desarrollar la construcción, ensamble y puesta en marcha de la máquina trituradora de tapas de plástico.
- Evaluar la eficiencia del prototipo de la máquina trituradora de tapas de plástico.

■ METODOLOGÍA

La metodología usada para el desarrollo de este proyecto se divide en tres partes fundamentales: (1) Diseño del sistema de triturado, (2) Construcción del sistema de triturado, y (3) Pruebas de la máquina.

Diseño del sistema de triturado

- Diseño mecánico: en primera instancia se necesita conocer las restricciones del estado del arte y las variables de diseño, se plantean alternativas de solución, se define una escala de ponderación de variables con el fin de evaluarlas y seleccionar la mejor alternativa. Una vez definida la mejor opción se procede a realizar los cálculos pertinentes para desarrollar el prototipo, así mismo se realiza un análisis de esfuerzos para obtener los materiales de las piezas y se realizan los planos para la construcción de la máquina.
- Diseño eléctrico: se deben definir los requerimientos para poder realizar la selección de la mejor opción, con esta se evalúan y seleccionan los componentes adecuados. Una vez seleccionados los componentes se deben realizar cálculos si son necesarios siguiendo la normativa RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) para poder realizar las conexiones adecuadamente y así obtener un circuito de potencia.

Construcción del sistema de triturado

- Construcción mecánica: una vez obtenido los planos se definen los métodos de mecanizados requeridos para cada pieza. Así, fue necesario elaborar un plan de trabajo con corte laser, mecanizado en fresa y torno. La construcción de la estructura de la máquina se desarrolló con soldadura MIC y TIC. Finalmente realizar el ensamble y evaluación de movilidad de la máquina.
- Construcción eléctrica: Se desarrolla el ensamble de un circuito de potencia, que permite poner en funcionamiento la máquina y evaluar su desempeño.

Pruebas de la máquina

Se evalúa que tan eficiente y sustentable resulta ser el prototipo. El propósito es conseguir una ganancia económica amplia con un bajo costo energético teniendo en cuenta una inversión inicial de bajo costo. Se realizan pruebas donde se determina la velocidad de alimentación adecuada para lograr este objetivo. Se mide corriente promedio, tiempo de molienda, voltaje y peso del material triturado. Se determina el gasto energético versus la utilidad generada por el prototipo, además de un análisis financiero con la finalidad de conocer el punto de equilibrio considerando la inversión inicial del prototipo. Finalmente, se desarrolla un análisis estadístico de los resultados.

■ RESULTADOS

El prototipo es eficiente y sostenible ya que el gasto energético es mínimo a comparación del aprovechamiento de los residuos plásticos (tapas de plástico) y la ganancia que se genera de esta actividad. El prototipo es capaz de producir hasta 1,5 toneladas de polipropileno triturado al mes.

Adicionalmente se evalúa la viabilidad económica de la máquina, con lo cual se encuentra que la inversión de la máquina se retorna en un plazo de 4 meses, ya que el prototipo tiene un valor inicial de 8'914.880, y su punto de equilibrio se encuentra en 10 meses cuando la utilidad es suficiente para cubrir el costo de la máquina, adquirir otra máquina y compensar los gastos de mano de obra dejando una utilidad satisfactoria.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

En Colombia se ha venido desarrollando una problemática social en donde no se aprovecha los residuos generados por no entender que lo que usualmente se denomina basura, no es más que recursos mal manejados. Debido a esta problemática han venido surgiendo pequeñas y medianas empresas que dedican su actividad económica al reciclaje de productos plásticos con el fin de contrarrestar los altos niveles de contaminación ambiental generada por el exceso de productos plásticos. Muchas veces estas pequeñas empresas buscan máquinas a un bajo costo en las cuales no se tienen en cuenta una cantidad de variables a la hora de diseñar una trituradora por lo cual pueden resultar peligrosas y representar un alto consumo de energía, ya que resultados de investigaciones sobre estas máquinas indican que los parámetros geométricos y cinemáticos de sus órganos de corte influyen sobre la calidad y la eficiencia energética del trabajo que llevan a cabo (D. F. Hernández 2018). Por ello en el proyecto surge una idea de negocio que da paso para la creación de una empresa fabricante de trituradoras de plástico con calidad y seguridad en su operación, además de convertirse en un referente para empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de productos plásticos reciclados, en donde la materia prima es el plástico reciclado triturado.

■ CONCLUSIONES

- Se diseñó una máquina trituradora de tapas de plástico para el reciclaje de material postconsumo. El diseño propuesto consideró el desarrollo de un estudio de resistencia mecánica y su relación con los requerimientos eléctricos y de potencia necesarios para garantizar el funcionamiento de la máquina. En el proceso de diseño mecánico se aseguró que el material pueda ser cortado por método de cizallamiento. Además, se realizó un diseño modular, tal que facilitara el ensamble de los componentes, asimismo como el mantenimiento de la máquina.
- Se ensambló y puso en marcha una máquina trituradora de tapas de plástico. En el proceso de construcción se priorizó la seguridad del operario. Así, se desarrolló un sistema de tapa de seguridad en la parte superior de la tolva, la cual restringe el acceso a la caja de trituración mientras la máquina está en funcionamiento. Además, se aseguró que los



objetos introducidos en la máquina no sean mayores al tamaño de una tapa plástica convencional. El desarrollo modular facilita el mantenimiento periódico de los diferentes componentes de la máquina.

- Se desarrolló un exhaustivo proceso de evaluación y verificación de funcionamiento de la máquina trituradora de tapas. Entre los resultados de dicha evaluación se evidenció que la máquina trituradora resulta ser una solución eficaz para el aprovechamiento de los residuos plásticos, ya que es capaz de generar 7,22 kg/h de hojuelas de polipropileno menores a 5mm. Estas hojuelas son ideales para usarse como materia prima en procesos de inyección, extrusión y termoformado. La máquina funciona según lo presupuestado en el proceso de diseño. Además, representa una solución de alta eficiencia de transformación de material reciclado con un bajo costo energético de 0.20 KWh y una inversión inicial razonablemente baja.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Chachón, Diego Felipe Polanía. *Política para la gestión integral de residuos sólidos 2016-2030*. Bogotá D.C: Departamento Nacional de Planeación, 2017.
- Hernández, Daniel Felipe Gaitán. «DISEÑO DE UN MOLINO TRITURADOR PARA POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS PARA LA EMPRESA INDUSTRIA RECUPLAST S.A.S.» UNIVERSIDAD LIBRE, 2018.
- Hernández, José Luis Millones. «DISEÑO DE UN MOLINO DE CUCHILLAS DE 300 KG/H PAR'A L~ MOLIENDA DE PLÁSTICOS SÓLIDOS HDPE. GRUPO DIMARSA SAC.-PUENTE PIEDRA.» Callao: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Agosto de 2014.
- Londoño Martínez , Daniela , y Tania Fuentes Salcedo. *Diseño y Construcción de una Máquina para el Reciclaje de Tapas de Plástico*. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, 2019.
- Mateus, Daniel Hoyos Mateus y Marco Roberto Hoyos. «DISEÑO DE UNA TRITURADORA DE PET.» Bogotá D.C: UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" , 2016.
- Merodio, Cesar Gregorio Sandoval. «DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE UNA TRITURADORA DE PET.» Azcapotzalco: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, 2013.
- Monterrosa, Heidy. «Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente.» *La república*, 10 de Enero de 2019.
- Muñoz, María Elisa Cantos. «Rediseño de un Molino para Plásticos de Construcción Nacional.» Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral , 2005.
- Rea, Mauricio Iván Falconi Flores y Robinson Rodrigo Tiaguaro. «MOLINO TRITURADOR DE BOTELLAS DESECHABLES.» Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA AMÉRICA, Octubre de 2009.



ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO POTENCIAL SOBRE FLUJOS DE RESIDUOS GENERADOS EN LA SEDE CHÍA – CUNDINAMARCA, UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Lina Mercedes Almanza Guzmán
Universidad El Bosque

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: Este proyecto fue postulado en la temática de Saneamiento, ya que cumple con los temas a tratar, especificados en la gestión de residuos para aprovechamiento, reutilización, reciclaje y tratamiento de estos, así como el uso eficiente y tratamiento de aguas residuales domésticas. Dando a conocer nuevas tecnologías de aprovechamiento y minimización de residuos e impactos a la Sede, mejorando su productividad, reduciendo costos y enmarcando la capacidad de sostenibilidad de la Institución.

RESUMEN

El 75,26% de los residuos dispuestos en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, corresponden a residuos de origen orgánico, porcentaje que es dispuesto finalmente en el relleno sanitario, otros residuos son los biosólidos procedentes de la PTAR (969 kg/mes), jardín (32,81 kg/mes) y aguas residuales (120,65 m³). Como resultado se cuenta con un potencial energético de los flujos de 2482,68 KWh/mes y un contenido de nutrientes en (Kg/mes) de Nitrógeno (45,301), Fósforo (17,033) y Potasio (7,657), donde se concluye que la potencialidad de los residuos y la recirculación del agua permiten la disminución de costos asociados al manejo.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se llevó a cabo en el municipio de Chía – Cundinamarca en la Institución de la Universidad El Bosque, el cual permite suministrar el estado actual del manejo de los diferentes residuos generados en la sede, definiendo porcentajes, calculados de acuerdo con la caracterización de residuos sólidos que son generados semanalmente, de igual manera se definen los lineamientos a mejorar y a tener en cuenta para poder aprovechar en su totalidad aquellos residuos provenientes del consumo de alimentos, residuos de jardín residuos de lodos y aguas residuales resultantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, usados actualmente en los jardines de la sede.

El inadecuado manejo de los residuos, es la principal causa de que no se promueva un aprovechamiento de estos, desconociendo el potencial que pueden tener para la recuperación de nutrientes tales como el N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio), como el potencial energético



que cada uno de estos representa, así mismo, se pretende estimar el ahorro económico que representaría el manejo adecuado y aprovechamiento de los diferentes residuos. Para esto, se presenta un conjunto de variables de análisis definidas, estableciendo los flujos de residuos, las variables que influyen en su producción, la estimación del contenido de nutrientes y energía, los escenarios propuestos que permitirán el desarrollo de infraestructura sostenible, capital social, entre otros de la institución a futuro, como los aspectos técnicos y de viabilidad financiera definidos por el avance de alternativas técnicas de aprovechamiento, basados en la implementación del biodigestor anaeróbico y el ahorro del consumo energético, agua, la disposición de los residuos, el transporte y aprovechamiento de los mismos.

Finalmente, una vez establecidos los flujos de residuos y representados por medio del diagrama Sankey, se estima el contenido energético y de nutrientes obtenidos por el aprovechamiento de los mismos, con esto, se pretenden analizar los escenarios propuestos a partir de modelos, que permitan visualizar cuantitativamente los flujos que son generados en la Sede de Chía, como la evaluación de posibles técnicas de aprovechamiento. Por medio de esto, se procede a realizar dos estados, uno actual y otra apuesta, con los que se quiere definir la viabilidad de aprovechar e implementar tecnologías para el contenido de nutrientes y energía, estableciendo como resultado un ahorro proyectado de costos obtenidos en el estado apuesta, teniendo como base la disposición convencional actual de los desechos presentes en la sede y el consumo de agua y energía.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este trabajo parte de la tesis, de que los flujos de residuos pueden ser gestionados como flujo de materiales y energía, cambiando los paradigmas en torno a su gestión integral. Para esto, es necesario conocer las propiedades y forma en que estos pueden ser transformados, con el propósito de que no terminen en un proceso de disposición final convencional y sean desaprovechados. Actualmente en la Sede de Chía se encuentran diferentes residuos orgánicos provenientes de actividades de jardinería, comidas, lodos y aguas residuales, siendo estas enviadas a disposición final y vertido en sistemas convencionales, afectando la calidad de los recursos naturales.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar escenarios a partir de modelos que permitan visualizar cuantitativamente flujos de residuos generados en la sede de Chía - Cundinamarca de la Universidad El Bosque, así como evaluar posibles alternativas para su aprovechamiento.

Objetivos Específicos:

- Determinar las variables de análisis que den alcance a los escenarios y a modelos, que permitan visualizar las magnitudes de flujos de residuos generados en el campus de la Universidad El Bosque en Chía.

- Relacionar los modelos de flujos de residuos con posibles alternativas técnicas para su aprovechamiento, y formular los escenarios que permitan a la Universidad El Bosque considerar oportunidades de mejora en el campus de Chía frente a la gestión integral de sus residuos.
- Evaluar criterios técnicos y de viabilidad financiera, de las alternativas más relevantes en términos de aprovechamiento potencial de flujos de residuos actuales y futuros, en el marco de los escenarios formulados para la sede de Chía de la Universidad el Bosque.

■ METODOLOGÍA

Al ser un proyecto investigativo, parte del levantamiento de información (Tesis, libros, investigaciones, encuestas, entrevistas, etc.), para estimar los flujos de residuos actuales, en la cual se presentan datos como las ocupaciones en la cocina y cafetería, unidades sanitarias, vertimientos y lodos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, posible crecimiento demográfico en la población estudiantil y proyectos de expansión de infraestructura, flujo de residuos que se estén tratando, entre otros. Posterior a esto se aproximan los escenarios que se presentan en la sede de Chía de la Universidad El Bosque, por medio de la metodología de Schwartz, el cual está establecido con el fin de determinar un conjunto de escenarios futuros que son proyectados a partir de diferentes alternativas propuestas de acuerdo con la situación actual de la sede de la Universidad, en el que se estiman 4 escenarios, definidos como: infraestructura sostenible, tecnologías de aprovechamiento, desarrollo del capital y normatividad, este método, permite estimar el escenario con mayor incidencia en la sede, de acuerdo con las variables que en este caso, se establecieron (Productivo – Administrativas, Ambiental – Tecnológicas), así mismo, en esta metodología existe un escenario apuesta (+,+), dos escenarios alternativos (-,+), y un escenario catastrófico (-,-), de igual modo, se establecen los flujos de residuos por medio de un modelo de diagrama Sankey, con el fin de visualizar los flujos de residuos y las variables de análisis que permite que estos contenidos sean cambiantes.

Para la definición de los escenarios se contemplan tendencias de aprovechamiento, esto aplicando las tendencias de cambio en la dimensión demográfica, las prácticas de gestión ambiental, las regulaciones que se presentan en el manejo integral de residuos sólidos, normativas referentes, si son aplicadas en la sede y si no cómo podrían cambiar, el tipo de tecnologías que podrían ser aplicables para su debido aprovechamiento, entre otros aspectos (incertidumbres). Por último, de acuerdo con lo establecido en el diagrama y los escenarios con los diferentes flujos, se proyectan los flujos de residuos de mayor prioridad en la sede a nivel de riesgos ambientales, con el fin de dar e implementar una solución pronta por medio de posibles tecnologías para su aprovechamiento o transformaciones según su contenido de energía y nutrientes; evaluando de igual modo costos de inversión y ahorros que conlleva la implementación de nuevas tecnologías y los contenidos derivados. Así mismo, se dará un aporte para el cumplimiento de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables) que requiere Colombia en su meta al 2030.

A continuación se muestran las Técnicas e Instrumentos para cada uno de los objetivos y los resultados que se tienen para cada uno de estos.



OBJETIVOS	
Objetivo 1.	Determinar las variables de análisis que den alcance a los escenarios y a modelos, que permitan visualizar las magnitudes de flujos de residuos generados en el campus de la Universidad El Bosque en Chía.
Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recopilación de documentos ▪ Caracterización de residuos, Trabajo en campo
Instrumentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuentes primarias ▪ Fuentes Secundarias ▪ Entrevistas ▪ Encuestas ▪ Grabaciones ▪ Libreta de campo
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipos y flujos de residuos ▪ Manejo de los residuos, impactos y aprovechamiento actual ▪ Variables de tendencia al cambio en la producción de energía y nutrientes
Objetivo 2.	Relacionar los modelos de flujos de residuos, con posibles alternativas técnicas para su aprovechamiento, y formular los escenarios que permitan a la Universidad El Bosque considerar oportunidades de mejora en el campus de Chía.
Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recopilación de datos ▪ Procesamiento de datos ▪ Medición de variables ▪ Análisis referentes teóricos ▪ Análisis información primaria y secundaria ▪ Modelación de diagramas Sankey, análisis de escenarios, proyecciones
Instrumentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuaderno de notas ▪ Fuentes secundarias ▪ Computador ▪ Tabulaciones ▪ Gráficas ▪ Modelos ▪ Diagramas ▪ Escenarios
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visualización de los flujos por medio de la diagramación Sankey ▪ Escenarios propuestos para la sede para determinar los estados a futuro ▪ Proyección de los consumos de energía, demanda de agua y disposición de residuos en la sede

Objetivo 3.	Evaluar criterios técnicos y de viabilidad financiera (relación costo - beneficio), de las alternativas más relevantes en términos de aprovechamiento potencial de flujos de residuos actuales y futuros, en el marco de los escenarios formulados para la sede de Chía de la Universidad el Bosque.
Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistematización y síntesis ▪ Análisis de datos cualitativos y cuantitativos ▪ -Análisis de información de tecnologías más pertinentes ▪ -Análisis de costos de tecnologías y aprovechamiento
Instrumentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Documentos teóricos visuales (gráficos, análisis gráficos, estadísticas, proyecciones diagramas, modelos). ▪ Computador ▪ Tecnologías
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos asociados al tratamiento y disposición de los residuos en el estado actual y futuro. ▪ Proyecciones de los costos generados por el aprovechamiento de los residuos generados. ▪ Tecnologías más significativas que permitan la transformación de los residuos en energía y nutrientes.

Fuente: Adaptado y obtenido de Guerrero, (2014).

■ RESULTADOS

Se obtienen valores considerables de la cantidad de residuos orgánicos de comida generados, correspondientes a un 75,26 % del total de los residuos siendo estos la mayor disposición en las canecas y puntos ecológicos, tanto por estudiantes como por restaurantes, por otro lado, tomando como referencia el valor del consumo energético, agua y la disposición de residuos generados al mes en diferentes años, se estima un promedio de cada uno de los componentes con el fin de definir un consumo aproximado de energía (7170 KWh/mes), agua (120,65m³/mes) en la sede, y la cantidad de residuos dispuestos en promedio (0,6 Ton/mes), ya que la población varía cada mes de acuerdo con el semestre y los estudiantes que ingresan mensualmente como los que asisten a las clases en la sede. Por otra parte, la cantidad de residuos orgánicos de jardín corresponde a una cantidad de 32,81 Kg/mes, residuos de comida 451,56 kg/mes, lodos provenientes de la planta de tratamiento de agua residual 969 Kg/mes de lodos con contenido de humedad y 332, 37 Kg/mes de residuos en masa seca.

Por otra parte, por medio de las variables de cambio definidas, tales como: la demografía, la capacidad instalada, el sistema institucional, el consumo de energía, disposición de residuos y la demanda de agua, como el contenido de nutrientes y energía. Se contempla la variable con mayor influencia en la sede, la demografía. Siendo esta la que presenta mayor incidencia en las demás variables, ya que se considera que todos los días o semanas la cantidad de estudiantes dispuestos en la sede no son semejantes, lo cual conlleva a una variación equivalentemente de la cantidad de residuos sólidos generados como de lodos residuales, aguas residuales y el consumo de agua y energía, como resultado de la aplicación del Diagrama Sankey, se obtiene



el contenido de nutrientes de cada uno de los residuos, con un total de 45,301 Kg/mes de Nitrógeno, 17,033 Kg/mes de Fósforo y un total de 7,657 Kg/mes de Potasio. De igual modo aplicando este diagrama se obtiene el contenido energético correspondiente a los residuos de comida de 803,78 KWh/mes, residuos de jardín 81,70 Kg/mes y los lodos residuales en base seca 1597,22 KWh/mes, dando un total de 2482,68 KWh/mes.

Gráfica 1. Metodología Schwartz



Fuente: Autor (2019).

Tomando en cuenta la metodología de Schwartz se establece, que el escenario apuesta corresponde a las tecnologías de aprovechamiento, siendo este el escenario más próximo proyectado a un futuro referido y desarrollado a partir de las variables, las cuales permitirán una mejora productiva y ambiental, esto por medio de la estimación del contenido de nutrientes y energía de los diferentes residuos generados en la sede, los cuales permitirán cambios benéficos para esta, en cuanto a los aspectos ambientales que le corresponden como la disminución de los impactos generados en suelo, agua y aire, aumento de trabajo inclusivo, reducción de consumo eléctrico prestado por la empresa de servicios públicos, entre otros, siendo este el escenario con más miras al futuro y al que se quiere llegar aplicando las tecnologías definidas (digestión anaeróbica).

Definiendo las capacidades y potencialidades de los diferentes residuos, se realiza la viabilidad financiera que acarrea la recuperación de estos residuos, con los cuales se precisan dos estados, el primero considerando el estado actual relacionado al manejo de los diferentes residuos de la sede, en los cuales se incluye la recolección y transporte, la disposición final, el consumo de

agua y el consumo de energía, especificando un costo correspondiente a \$ 2'151.821 al mes. De otro modo, se estableció el estado apuesta, siendo este el estado ideal de aprovechamiento de residuos por medio de la recuperación de nutrientes y energía, en los cuales se obtiene el valor correspondiente al año de implementación del biodigestor y el uso de esta para la obtención de energía, estimando un costo de \$1'572.291,61 mensual, tomando como base el costo de ambos estados, se procede a realizar una proyección al 2030, siendo este el año ideal para que la sede sea autosuficiente y genere el menor flujo de residuos sin aprovechamiento, minimizando los impactos asociados presentes en la sede, así mismo, se obtiene que los ahorros respectivos al 2030 del estado actual y el estado ideal se encuentra en un total aproximado de \$59'634.218,72, donde se estima el tiempo de recuperación de inversión que se establece de 4,4 años partiendo del año en curso de la implementación del biodigestor, este tiempo se relaciona respecto a los ahorros anuales que se presentan por la obtención de nueva energía, considerando que la sede no obtendría ingresos económicos sino un ahorro anual del consumo energético de \$2.751.805,65, de la recolección y transporte de residuos correspondiente a un valor de \$7.760.959,93, la disposición final de estos \$2.075.645,33 y un ahorro del agua de \$47.045.807,81 al 2030.

Igualmente, se determina la TIR (Tasa Interna de Retorno) dando como resultado un 23%, valor dado en porcentaje de beneficio que tendrá esta inversión, es decir que tan rentable es esta inversión y si el proyecto es viable para su recuperación. De igual modo, se define el VPN (Valor Presente Neto) de \$1.501.429,78 estimado del 2019 al 2030, indicando que la viabilidad del proyecto es aceptable. En cuanto a la recuperación de nutrientes, energía, minimización en el consumo energético como el reemplazo de cierta cantidad de la misma y la recirculación del agua residual tratada, esto para dar cumplimiento a los criterios definidos para ejercer una economía circular donde los residuos sean nuevamente ingresados para ser aprovechados o se busquen externos para la transformación de estos, así mismo, aportar como institución al cumplimiento de algunos de los objetivos de desarrollo sostenible definidos como (Salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables) que requiere Colombia como meta al 2030.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación respectivo para el proyecto, es el Saneamiento, tomando como base las problemáticas que conlleva el mal manejo y desaprovechamiento de los residuos, tanto en el ámbito social como en el económico y ecológico. Se procede a realizar un estimado de las tecnologías de menor impacto (Biodigestor Anaerobio) para el aprovechamiento de los residuos orgánicos producidos en la sede, implementando actividades de adecuada separación y recirculación del agua residual, demostrando el potencial que estos residuos representa para la Sede en cuanto a energía, nutrientes, agua limpia con los debidos estándares de calidad y reducción de costos, previniendo que estos residuos sean transportados finalmente al relleno sanitario y sean desaprovechados, con el fin de mejorar la capacidad de la Sede en transformarse en una Universidad Sostenible.



■ CONCLUSIONES

Los residuos producidos por la comunidad estudiantil, administrativa y de servicios, en la sede Chía de la Universidad El Bosque, corresponden a residuos provenientes de restos de comida, plásticos, cartón, entre otros. Así como también, residuos de jardín, lodos y aguas residuales; teniendo en cuenta lo anterior se hizo un análisis de los contenidos de nutrientes, estimando la cantidad de estos en el total de los residuos, tales como: Nitrógeno 45,301 kg/mes, Fósforo 17,033 kg/mes y en menor proporción Potasio 7,657 kg/mes, con los cuales se indican que los flujos de residuos disponibles en la sede promocionan un alto contenido de nutrientes para ser aprovechados en los diferentes jardines u otros factores definidos en la sede, a fines de evitar los impactos generados por el manejo inadecuado de estos.

El contenido energético de los residuos orgánicos de comida y poda de jardín, así como lodos residuales, pueden suplir un aproximado en energía de 2482,68 KWh/mes, sin embargo, esto varía de acuerdo con la población flotante de la sede, los cuales según las proyecciones establecidas pueden tener un aumento, lo que generaría mayor cantidad de energía en el 2019 de 3125,72 KWh/mes y en el 2030 de 4453,29 KWh/mes a partir de los diferentes residuos.

Efectuando un análisis de viabilidad financiera, con respecto al aprovechamiento de los residuos orgánicos y los provenientes de la PTAR e implementando el biodigestor anaeróbico, como alternativa técnica de potencial energético y de nutrientes actuales y a futuro, se estableció que estos pueden proporcionar un ahorro significativo en costos proyectado al 2030 de \$59'634.218,72, la cual establece el cumplimiento y desarrollo del escenario apuesta precisado para la sede. Dicha inversión se recuperaría en un tiempo aproximado de 4,4 años y de acuerdo con los indicadores económicos VPN de \$1'501.429 y TIR de 23% se determina como un proyecto viable financieramente para la institución.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2016). *Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery*. Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2017). *Modelación de flujos y contaminantes en ecosistemas acuáticos superficiales y subterráneos*. Barranquilla: Acodal.
- Dagerskog, L. and S. Dickin (2017). *Clean and Green: a new implementation framework for rural sustainable sanitation*. Stockholm Environment Institute.
- Ddiba, D. I. W., Andersson, K. and Rosemarin, A. (2016). *Resource Value Mapping (REVAMP): A tool for evaluating the resource recovery potential of urban waste streams*. Discussion Brief. Stockholm Environment Institute: Stockholm.

- Guerrero, Y. (15 de mayo de 2014). Técnicas e Instrumentos de investigación. Obtenido de <http://claseseminarioinvestiga.blogspot.com/2014/05/tecnicas-e-instrumentos-de-investigacion.html>
- Guevara, A (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en Instituciones de Educación Superior*. Pontificia Universidad Javeriana. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas – JAVEGRAF- Bogotá, Colombia.
- Henao, G. J. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Hernández, R & Guacamene S. (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en Instituciones de Educación Superior*. Pontificia Universidad Javeriana. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas – JAVEGRAF- Bogotá, Colombia.
- Ruiz, A., & Quevedo, L. (2017). Análisis de Lodos provenientes del proceso de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Guatavita. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.
- Serrato, C., & Lesmes, V. (2016). Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Torres, J., Diaz, S., & Ramos, O. (2008). *Montaje y puesta en marcha de dos biodigestores anaerobios con residuos orgánicos generados en la central de mercado "Plaza Kennedy" en Bogotá*. Bogotá D.C.: Universidad Manuela Beltrán.



BIOMETANO COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA EN EL SECTOR PORCINO

Diego Alejandro Riaño Herrera Ana Sofía Rojas Carpio Mario Andrés Hernández Pardo

Universidad EAN Gestión ambiental

Temática: Energía

Justificación de temática: La mitigación del impacto ambiental generado por las actividades humanas es una necesidad latente para la preservación de los ecosistemas y la mejora constante de las condiciones de vida de las personas, es por ello, que como futuros profesionales tenemos un gran reto en la puesta en marcha de propuestas y tecnologías que ayuden a cumplir dicho objetivo.

El biogás como alternativa energética en el sector porcícola es una opción que busca mitigar impactos ambientales, generar innovación a los procesos energéticos actuales del país y mejorar de la calidad de vida de las comunidades rurales del país.

■ RESUMEN

Colombia es un país con un importante componente agroindustrial, específicamente en el sector pecuario, el cual brinda oportunidades para el desarrollo de alternativas energéticas. El sector porcícola representa una opción para los campesinos, esta actividad se registra principalmente en Antioquia, Cundinamarca, Valle, Córdoba y Meta. (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2017). En estos departamentos se tiene una disponibilidad de estiércol de 452.550 ton/año lo que equivale a un potencial de metano de 44.898.888 m³/año. Sin embargo, este tipo de proyecciones están sujetas a variables como la temperatura que pueden afectar hasta en un 70% la producción de biogás.

■ INTRODUCCIÓN

El aumento en el consumo de carne de cerdo a nivel mundial ha llevado que el sector crezca de manera exponencial, Colombia no se ha quedado atrás con dicha tendencia cifras entregadas por PorkColombia afirma que el consumo per-capital de carne por persona aumento a un 9,3 kg cuando para el año 2010 era de 4,3 kg y con una inversión cercana a los \$400.000 millones. (Asociación Colombiana de Porcicultores de Colombia - PorkColombia., 2017, pág. 4).

El sector porcícola es una alternativa económica para muchas familias campesinas, datos entregados por el ICA afirman que actualmente hay una total de 5.327.460 cabezas de cerdos ubicadas principalmente en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Valle, Córdoba y Meta, sin embargo, el desarrollo de dicha actividad está generando un gran impacto en

el deterioro del medio ambiente, es por ello que se busca dar un tratamiento a esta biomasa residual y, a partir del proceso obtener biogás.

Esta estimación de biogás puede estar sujeta a variables como temperatura que influencia la producción de metano (Piedra & Valencia, 2013, pág. 11). Esta variable puede cambiar de acuerdo con el piso térmico en el que esté ubicado la granja y/o región maximizando o disminuyendo la producción proyectada de biogás, es por esto que es tan importante hacer seguimiento al desempeño de los biodigestores, de tal manera que cada vez se tenga mayor certeza respecto al potencial de producción de biogás.

Este tipo de alternativa conduce a mejorar el nivel de vida de las familias rurales y a la sostenibilidad del proceso, principalmente reduciendo los costos de compra de energéticos. Adicionalmente del aspecto energético, los biodigestores generan un digestato con un alto contenido de nutrientes siendo una alternativa como fertilizantes comerciales.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo de esta actividad económica tiene un gran impacto en el deterioro del medio ambiente, es por ello que se busca implementar un proceso de digestión anaerobia para el tratamiento y a partir de dicho mecanismo obtener biogás. Sin embargo, este desarrollo no se encuentra generalizado en todo el sector, en los lugares donde hay implementación no hay un seguimiento y mantenimiento de los sistemas. Por último, la purificación y aprovechamiento del biogás aún tiene limitaciones. Adicionalmente Colombia cuenta con una variedad climatológica la cual podría afectar la producción de biogás en lugares con temperaturas promedio en rango psicrófilico.

■ OBJETIVOS

Estimar el potencial de producción de metano en granjas de ciclo completo porcino como alternativa de producción de energía.

■ METODOLOGÍA

Se realiza una revisión bibliográfica con la cual se permita estimar un potencial de producción de biogás promedio, adicionalmente a partir de dicha revisión se contempló la influencia de la temperatura a las estimaciones iniciales; para lograr esto, el proceso se dividió en las siguientes etapas:

- Recolección de información: se realizó una recolección de información entorno al comportamiento de la porcicultura en Colombia y se identificó el proceso en todas sus etapas, esto con el fin de contextualizar el desarrollo de dicha actividad económica.
- Estimación de biomasa residual – porquinaza: apoyados en la información brindada por el censo agropecuario del ICA y el atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia.



- Estimación potencial: se realiza una investigación bibliográfica donde se obtiene una caracterización teórica de sólidos totales y sólidos volátiles de la porquinaza, finalmente se establece una tasa de producción teórica y se estima la producción total de biogás a partir de dichos datos.
- Influencia de la temperatura: se identifica los efectos que tiene el cambio de temperatura en el comportamiento del sistema bien sea maximizando o disminuyendo la producción total y se realizan los ajustes necesarios en el volumen total de biogás obtenido disminuyendo en condiciones psicofílico y estabilizándose en condiciones mesofílicas.

■ RESULTADOS

Actualmente se tiene una disponibilidad de estiércol de 452.550 ton/año lo cual equivale a un potencial de metano de 44.898.888 m³/año. Esto se calcula sobre la base que los digestores se alimentan solamente con la porquinaza de las etapas de los lechones, hembras gestantes, hembras lactantes y machos reproductores. A través de caracterizaciones y revisión bibliográfica sobre el estiércol de cerdo se llegó a una caracterización del 54,66% de sólidos totales y 48,59% de sólidos volátiles con una tasa de producción promedio de 0,39 m³/ Kg SV. Sin embargo, este tipo de proyecciones están sujetas a variables como temperatura la cual puede maximizar o disminuir la producción de biogás. Esto influye directamente en la dinámica de producción de biogás y las características del efluente.

Adicionalmente Colombia, es un país con una gran variedad climatológica lo que genera que varias regiones se encuentren en rangos de temperatura mesofílicas y otras en rangos psicofílicas, la literatura señala que para tener una tasa de producción de biogás estable y eficaz se debe de operar el sistema en condiciones mesofílicas, debido a que en esta condición el comportamiento microbiológico es el ideal y la cantidad de energía requerida por el sistema es menor favoreciendo la metabolización y degradación de la materia orgánica y aumentando la producción de biogás.

Antioquia, Valle y Córdoba cuentan con condiciones de temperatura en rango mesofílico, es por ello que estas zonas producirán un total de 86.581 m³/año con una tasa de producción de 0,34 m³/ kg SV, esto representa una disminución del 15% a la producción total teórica. Por su parte, para los dos departamentos restantes estos operan en rangos de temperatura psicofílica con una producción total de 13.273 m³/año y con regiones mesofílicas con 15.745 m³/año, lo que representa una disminución del 44% con respecto a la producción total teórica.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

La estimación de la producción de biogás se estimó de manera genérica con los datos entregados por el ICA en el censo agropecuario del año 2017. Adicionalmente se realizó una estimación de manera específica en los cinco principales departamentos (Antioquia, Cundinamarca, Córdoba, Valle y Meta) teniendo en cuenta las condiciones de temperatura de cada uno de ellos, esto con el fin de estimar un potencial promedio el cual cumpla con las condiciones de operación señaladas por la literatura a diferentes rangos de temperatura (psicofílico y mesofílico).

■ CONCLUSIONES

- Se estima una producción de biogás total de 44.898.888 m³/año con una tasa de producción teórica de 0,39 m³/Kg SV, el cual puede ser aprovechado dentro de las instalaciones de las granjas para a cocción de alimentos, sistemas de calefacción de los lechones, generación de energía a pequeña escala o para mejorar la operación del biodigestor.
- La temperatura es una variable la cual puede maximizar o disminuir el potencial establecido, esto influye directamente con la dinámica de producción de biogás, debido a esto, es importante hacer un seguimiento a los potenciales estimados en las diferentes regiones del país.
- Un sistema en condiciones psicrófilicas conlleva a una disminución hasta de un 70% en la producción de biogás pasando a una tasa de promedio teórica de 0,12 m³/Kg SV y disminuyendo la producción de biogás para el departamento de Cundinamarca y Meta a 13.273 m³/año en las regiones con temperatura psicrófila.
- Este tipo de alternativas conduce a mejorar el nivel de vida de las familias rurales y a la sostenibilidad del proceso productivo, principalmente reduciendo los costos de compra de energéticos. Adicional al aspecto energético los digestores generan digestato con alto contenido de nutrientes siendo una alternativa a los fertilizantes comerciales.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Colombiana de Porcicultores de Colombia - PorkColombia. (2017). *Informe de los proyectos de inversión desarrollados durante el año 2017*. Bogotá D.C.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017). *Informe censo agropecuario porcicola 2017*. Bogotá D.C.
- Piedra, W. K., & Valencia, K. L. (2013). *Estimación de potencial energético a partir del metano producido por las aguas residuales de la granja porcicola en Zamora: Science*. Honduras. Obtenido de Science.



PREDICCIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA UTILIZANDO GOOGLE MAPS Y TÉCNICAS IDW BASADO EN MEDIDAS

Pedro Andrés Beltrán Ortega, Ghiordy Ferney Contreras Contreras

Universidad Francisco de Paula Santander

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: Este proyecto está enmarcado en el tópico de tecnologías 4.0 debido a que su propósito principal es predecir los niveles de contaminación electromagnética usando como herramientas los datos geo referenciados de una campaña de medición, un aplicativo web para dispositivos móviles y de escritorio, y finalmente una técnica de interpolación basada en el inverso de la distancia ponderada. El producto final del trabajo es un sistema de información, donde se almacenan los datos de la campaña y se realizan las predicciones a partir de estos, además de plasmar la información en mapa de calor sobre el mapa de Google.

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un aplicativo web y móvil, la cual predice el nivel de contaminación electromagnética (CE) basado en una campaña de medidas tomadas en el campus universitario de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) utilizando la plataforma de Google Maps y la interpolación con la distancia inversa interpolada (IDW), permitiendo a la comunidad cucuteña disponer de los valores de CE a los que están expuestos y las recomendaciones de la Unión internacional en Telecomunicaciones (UIT) que deben asumirse para proteger la salud de las personas expuestas. Con esto, el campus UFPS está libre de CE.

INTRODUCCIÓN

El auge de la industria electrónica y los avances científicos de los últimos años, han generado importantes cambios en la vida humana y en todos los campos del conocimiento, la producción masiva de dispositivos electrónicos responde al ritmo de consumo de los usuarios, hoy en día se encuentran dispositivos electrónicos en todas partes, su uso se ha extendido desde los sistemas de control procesos industriales y científicos hasta la aplicación de Internet de las Cosas en los hogares de centros urbanos, en las que predominan los dispositivos de comunicación inalámbrica. Dado que los dispositivos electrónicos producen un campo eléctrico a su alrededor, ha surgido preocupación sobre el impacto que dicho campo eléctrico pueda causar sobre el cuerpo humano y se ha concebido el concepto de contaminación electromagnética dentro de la contaminación ambiental (Şahin, 2014). A Nivel internacional La Comisión Internacional para la Protección de la Energía No Ionizante (ICNIRP) estableció límites seguros de exposición a la radiación electromagnética no ionizante (RNI), los cuales son adoptados por La Unión Internacional de

Telecomunicaciones (UIT), bajo la recomendación UIT-T K.52, la cual fue adecuada por el gobierno de Colombia en el Decreto 195 de 2005 como norma de cumplimiento nacional (Rodríguez, 2010). Con el objeto de verificar el cumplimiento de la recomendación internacional UIT-T K.52 en el campus de la sede central de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), se realizó una campaña de medición de campos electromagnéticos, con el propósito de conocer y cuantificar los niveles campos electromagnéticos (CEM) existentes. Donde los resultados, son expuestos en una aplicación web que contiene un mapa de calor geográfico de Google Maps, permitiendo a la comunidad verificar los niveles de contaminación electromagnética de forma clara y concisa, a los que se está expuesta.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La falta de claridad y/o el desconocimiento de la población acerca de los CEM y sus posibles efectos en la salud, ha generado gran preocupación entre las personas debido al avance tecnológico en comunicaciones inalámbricas, el incremento de su infraestructura y la correspondiente asignación de frecuencias en bandas superiores a las utilizadas actualmente por los prestadores de servicio de telecomunicaciones, exigiendo a estas empresas el despliegue de muchos transmisores localizados en distancias cortas que pueden elevar el nivel de radiación presente en el ambiente, causando conflictos entre la comunidad y las empresas prestadoras de los servicios de comunicaciones inalámbricas y energía eléctrica.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Predecir los niveles de contaminación electromagnética utilizando Google Maps y técnicas de interpolación sobre medidas.

Objetivos Específicos:

- Realizar campaña de medidas de radiación del campo electromagnético geo referenciadas dentro del campus de la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Seleccionar y Aplicar una técnica de interpolación para la predicción de niveles de campo electromagnético basado en medidas.
- Diseñar una aplicación que permita el almacenamiento y la visualización de los niveles de contaminación a través de un mapa digital de Google Maps.

■ METODOLOGÍA

Desde su planteamiento se establecieron tres objetivos que en conjunto conforman el eje sobre el cual se ha desarrollado el trabajo. Para ellos, se estableció una metodología secuencial, donde cada objetivo soporta una serie de actividades. Inicialmente se realizó la campaña de medición en banda ancha (100 kHz – 3 GHz) siguiendo la recomendación UIT.T K83. Para la medición de la banda ancha, el Grupo de Investigación y Desarrollo en Electrónica y Telecomunicaciones



(GIDET) de la UFPS, proporcionó los siguientes componentes: Sonda de banda ancha (sonda WPF3), Instrumento de medición (Medidor de campo electromagnético SMP2) y Soporte no reflectante (Trípode de madera).

Posteriormente de tener una base sólida de valores almacenados, es posible utilizarla como referencia para interpolar los resultados, y poder estimar el valor medido para un punto arbitrario, de esta manera, es posible mostrar al usuario el estimado de cualquier punto que él mismo seleccione en el mapa de calor dejado en el aplicativo web y móvil. Dado que el trabajo actual se realiza sobre un espacio geográfico establecido en un mapa, se tienen en cuenta métodos de interpolación que se ajustan a una medición terrestre. Por eso, se analizaron los principales métodos de interpolación que se utilizan en sistemas de información geográfico, entre esos métodos hay algunos probabilísticos como Kriging, y otros determinísticos como la distancia inversa ponderada (IDW).

Además de la metodología en la adquisición de los datos y su posterior predicción para ubicaciones sin medición, es necesario definir también una metodología de desarrollo de software que se adapte a las necesidades del trabajo. En general, se consideró construir la aplicación progresivamente, usando las fases de: diseño, desarrollo, pruebas y entrega; generando pequeñas iteraciones en cada una, de las cuales se desarrollan nuevas funcionalidades, que son diseñadas en base a requerimientos técnicos-funcionales y sometidas a pruebas antes de pasar a la fase de entrega al público.

■ RESULTADOS

El objetivo general de este trabajo es predecir los niveles de contaminación electromagnética utilizando Google Maps, y como parte del proceso se han obtenido seis resultados asociados a la predicción de dicha contaminación que pueden enmarcarse en:

- La campaña de mediciones de campo electromagnético en el campus de la UFPS donde se realizaron 244 mediciones, con el propósito de conocer y cuantificar los niveles campos electromagnéticos existentes. La campaña de medición se desarrolló para la medición de la banda ancha comprendida entre las frecuencias de 100 kHz – 3 GHz, siguiendo la recomendación UIT.T K83.
- Los niveles de exposición a campos electromagnéticos, en el cual, el valor máximo medido fue inferior a los límites máximos de exposición, en un valor del 96.5% para la zona del Campus UFPS.
- La aplicación web con acceso público, dejada a disposición de la región para la visualización y verificación de los niveles de contaminación electromagnética, donde adicionalmente es un soporte para nuevas campañas de mediciones sobre la radiación no ionizante en la ciudad de San José de Cúcuta.
- La base de datos que almacena toda la información, insumo fundamental para el debido funcionamiento de la aplicación; la aplicación web, a través de la cual cualquier usuario puede acceder y verificar los niveles de contaminación electromagnética de forma clara y concisa, a los que se está expuesta, incluye gráficos que permiten visualizar el

comportamiento de cada una de las mediciones realizadas, comparándolo con el límite máximo permitido en Colombia.

- El mapa de calor geográfico de Google Maps, contenido en la aplicación web, donde los valores tomados para una variable en un mapa de dos dimensiones son representados como colores en una escala, que en última instancia es el punto de acceso a la visualización de los niveles de contaminación electromagnética.
- La interpolación de las mediciones a través de la técnica IDW, gracias a la cual se predice el valor del campo electromagnético en cualquier otro punto en el campus que el usuario desee e indique
- Documentación de la aplicación, correspondiente a todo el contenido documental técnico del software, manuales, ficha técnica, entre otros, permitiendo una mayor claridad de su funcionamiento y construcción, de manera de que sea replicable y factible para futuras implementaciones en otros trabajos.

CAMPO DE APLICACIÓN

- Sistemas de Comunicaciones que usen el espectro electromagnético.
- Técnicas de predicción para mediciones geo referenciadas.
- Análisis de radiación electromagnética en medios isotrópicos.
- Salud en áreas sometidas a dosis considerables de radiación no ionizante.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo ha permitido conocer a profundidad los niveles de contaminación electromagnética, medidos en banda ancha en el campus de la Universidad Francisco de Paula Santander. A raíz de estas mediciones, ha sido posible concluir que el valor máximo medido de RNI fue inferior a los límites máximos de exposición, en un valor del 96.5% por fuera de la zona ocupacional en donde están emplazados los transmisores, reglamentado en el decreto 195 del MITIC y por la UIT en la recomendación internacional UIT-T K.52. Las zonas con mayor valor medido de RNI se encuentra en: la cancha de césped de futbol de la UFPS (7.89949588N, -72.48747106W), con un valor medido de 0.9851 V/m y alrededor del edificio "La casona" (7.895894N, -72.488224W) con un valor medido de 0.9494 V/m. Cabe resaltar que estos valores se encuentran por debajo del límite máximo establecido y no presenta riesgo alguno para la comunidad. El 73.77% de los valores medidos de campo eléctrico en el campus de la UFPS se encuentran entre los rangos de 0.2473 V/m a 0.4603 V/m. así mismo, solamente el 2.86% de los valores medidos de campo eléctrico se encuentran entre los rangos de 0.6733 V/m a 1 V/m. Por lo que el valor promedio de RNI medido en toda la UFPS fue inferior un 98.6% del límite máximo establecido, con lo cual se puede deducir que no hay contaminación electromagnética significativa en el campus de la UFPS.



Una mayor cantidad de puntos de entrada considerados para la implementación de los métodos de interpolación no mejora la precisión. Es decir, los valores de campo eléctrico que están más cercanos de la ubicación de donde se realiza la predicción tienen mayor correlación espacial. Por este motivo, se llevó a cabo la interpolación con los 10 valores de campo eléctrico más cercano obteniendo así un mínimo error promedio (0.0587452 V/m) que tomando una mayor cantidad de valores cercanos. De los modelos de interpolación analizados el que permitió la mejor predicción de los valores de campo eléctrico, obtuvo un menor tiempo de procesamiento y contó con un menor error promedio respecto a los valores medidos con los 10 valores de campo eléctrico más cercano, fue el método de interpolación por el inverso de la distancia (IDW) con un error promedio del 0.0587452 V/m, en comparación con los modelos matemáticos del método de interpolación Kriging, para el modelo de Kriging lineal (0.077881893 V/m), el modelo de Kriging esférico (0.066242387 V/m), el modelo de Kriging exponencial (0.076292593 V/m) y el modelo de Kriging gaussiano (0.076292593 V/m).

■ BIBLIOGRAFÍA

- ICNIRP, "Recomendación para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)," 1998.
- UIT, "Recomendación UIT-T K.52 (Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos)," 2018.
- UIT, "Recomendación UIT-T K.83 (Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético)," 2011.
- Ministerio de Comunicaciones. (2005). Decreto 195 de 2005
- Agencia Nacional del Espectro. (2016). Resolución N°711 de 11 OCT. 2016. Bogotá: Despacho Director General.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Campos electromagnéticos. Recuperado de: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/>
- Rodríguez, C. (2010). Estudio de los niveles de radiación electromagnética no ionizante en varias zonas de la ciudad de Bucaramanga. *UIS Ingenierías*, 9(2), 1.
- Şahin, M. (2014). Electromagnetic pollution measurement in the RTE university campus area.
- Rodríguez, M. (2013). Medición de radiación electromagnética no ionizante como un servicio de telecomunicaciones. Radio Gis Grupo de investigación telecomunicaciones - Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.
- García, W. (2014). Evaluación de niveles de exposición electromagnética causados por las estaciones base de telefonía móvil celular. Manizales: Universidad de Manizales

Google Maps Platform. (2018). Maps JavaScript API (Heatmap layer). Recuperado de: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/heatmaplayer>

ArcGIS for Desktop. (2004). Cómo funciona IDW. Recuperado de: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>

ArcGIS for Desktop. (2016). Cómo funciona Kriging. Recuperado de: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>

WaveControl. (2018). Página principal. Recuperado de: <https://www.wavecontrol.com/rfsafety/en>



AISLAMIENTO, SELECCIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE PILAS DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS VERDES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

María Angélica Angarita Rangel, Lesly Viviana Rodríguez Flórez, Viviana Sánchez Torres, Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

Universidad Industrial de Santander,

UIS Semillero de Investigación en Biotecnología Microbiana, adscrito al Grupo de Investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente – GIMBA; Grupo de Investigación en Recursos Hídricos y Saneamiento – GPH.

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: se postula este trabajo a la temática de saneamiento por aportar estrategias de gestión de los residuos orgánicos, que pueden ser implementadas para la adecuada disposición final de los mismos.

RESUMEN

El compostaje es una opción viable para el manejo de residuos verdes (RV); sin embargo, compuestos de difícil degradación prolongan los tiempos del proceso. Con el objetivo de evaluar a futuro la inoculación de microorganismos en el proceso que contribuyan a mejorarlo, se aislaron cepas nativas provenientes de los RV y se evaluó preliminarmente la actividad enzimática para amilasa, celulasa y xilanas. Por tinción se seleccionaron los microorganismos con potencial de degradación de los sustratos y mediante la técnica DNS se determinó su actividad enzimática verificando la técnica con cromatografía HPLC. Se preservaron 29 microorganismos degradadores.

INTRODUCCIÓN

Los residuos orgánicos son la mayor fracción de los residuos sólidos municipales en países en desarrollo; en el país son dispuestos en rellenos sanitarios con un impacto ambiental negativo [1]. Colombia genera alrededor de 11,6 millones de residuos sólidos de los cuales solo se aprovecha el 17% y la inadecuada disposición de los mismos ha hecho que los rellenos sanitarios del país estén sobresaturados. Se estima que en 10 años la producción de residuos de los aumentará en un 20% al ritmo vigente de consumo [2]. Por tal motivo, se hace indispensable la búsqueda e

implementación de tecnologías que permitan solucionar el creciente problema de la generación y disposición final de los residuos.

El compostaje se constituye en una alternativa viable para el manejo de los residuos orgánicos, debido a que aprovecha la acción de los microorganismos presentes en la materia para transformar el material orgánico en un producto estable e higienizado llamado compost, utilizado como mejorador de suelos o abono [3].

Los residuos verdes (RV) son una de las fracciones predominantes entre los residuos orgánicos; se caracterizan por un alto contenido de lignina e hidratos de carbono (celulosa, hemicelulosa, azúcar simple, almidón, etc.) de difícil descomposición [5] que son degradados en moléculas más pequeñas por los microorganismos involucrados en el proceso de compostaje, mediante la producción de enzimas de origen microbiano [4]. Diversas estrategias han sido probadas localmente para mejorar el compostaje de RV, tal como la evaluación de la implementación del compostaje en dos etapas, la adición de una enmienda nutricional (i.e. residuos de alimentos) y el suplemento de roca fosfórica [4]

Con el propósito de comprender la dinámica de bio-conversión de los RV y generar estrategias adicionales que mejoren el proceso, en este trabajo se realizó el aislamiento y análisis preliminar de la actividad enzimática de microorganismos nativos productores de enzimas como amilasas, celulasas y xilanasas.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander, de sus labores de jardinería genera en promedio 732,5 kg de residuos verdes por día [6] que son acumulados sin tratamiento, y 70 kg semanales de residuos de alimentos de la sección de comedores estudiantiles que llegan al relleno sanitario del área metropolitana [7], El Carrasco. El Carrasco alberga los residuos municipales de Bucaramanga y 20 municipios más de Santander, aun cuando se encuentra en proceso de cierre por no cumplir los requisitos básicos para su funcionamiento y presentar emergencias ambientales [8][9].

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar la actividad enzimática de microorganismo aislados a partir de pilas de compostaje de residuos verdes.

Objetivos Específicos:

1. Aislar microorganismos durante las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje de residuos verdes.
2. Seleccionar las cepas con mayor potencial de degradación del material lignocelulósico.



3. Realizar evaluación preliminar de la actividad enzimática para la amilasa, celulasa y xilanasas, de los microorganismos seleccionados.

■ METODOLOGÍA

1. **Aislamiento de los microorganismos:** todas las pilas de compostaje contenían 200 kg de mezcla de residuos verdes, residuos de alimentos crudos y procesados, y aserrín. Solo a las pilas T1 y T2 se les agregó roca fosfórica (30 kg por pila). T1 fue tratada con compostaje en dos etapas, mientras T2 y T3 con compostaje en una etapa. El compostaje en dos etapas corresponde a un compostaje primero confinado y luego tradicional con el que se obtienen dos picos de temperatura en el proceso; el compostaje de una etapa o tradicional solo presenta un pico de temperatura [4]. Se tomaron muestras en las etapas mesofílica y termofílica del proceso y se hizo crecer la población microbiana en platos de agar utilizando como sustratos almidón, carboximetilcelulosa (CMC), xilano y muestras de compost. Se seleccionaron los microorganismos morfológicamente diferentes.
2. **Selección de cepas con mayor potencial de degradación:** por tinción con lugol en platos de agar a cada cepa seleccionada en la etapa anterior, le fue medido el diámetro de colonia (DC) y el diámetro del halo (DH) [10]. El valor del cociente DH/DC [11] fue calculado para cada cepa y se seleccionaron todas aquellas que presentaron un valor del cociente igual o superior a 4,0, por su potencial de degradación del sustrato.
3. **Evaluación preliminar de la actividad enzimática para amilasas, celulasas y xilanasas de los microorganismos seleccionados:** se prepararon cultivos líquidos con las cepas seleccionadas y luego del crecimiento se separó el sobrenadante del material celular (solución enzimática). La cuantificación de la actividad enzimática se realizó con la técnica DNS [12][13] para cada cepa y sustrato: almidón, CMC y xilano.
4. **Evaluación de los efectos del pH y la temperatura en la actividad enzimática:** de las cepas seleccionadas en el numeral 2 se escogieron las 3 cepas con mayor crecimiento en los diferentes sustratos y se planteó un diseño experimental factorial 32 por duplicado, con pH y temperatura como factores. La actividad enzimática se verificó por cromatografía HPLC para las 3 cepas con mayor actividad.

■ RESULTADOS

Se aislaron 306 microorganismos de los cuales 29 fueron preservados por su potencial de degradación, en su mayoría provenientes de la pila con tratamientos T2. La mayor actividad enzimática se observó a pH bajos y temperaturas altas al degradar almidón; a pH alto y 50 °C al degradar CMC; y a pH y temperaturas altos al degradar xilano a los 60 min de reacción, en el diseño experimental. Los resultados de las pruebas HPLC validaron el método DNS registrando una actividad enzimática de 0,1126 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mL}$ en la degradación de almidón.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Los microorganismos aislados en esta investigación pueden ser utilizados en el sector agrícola, en la producción de fertilizantes para el control de plagas y en disminuir los tiempos de composta y calidad del producto final [14]. En el caso particular de instalaciones de compostaje de residuos sólidos municipales (RSM), pueden ser agregados a pilas de compostaje RV, que contribuyan a solucionar el problema de la inadecuada disposición final como objetivo del Plan de Gestión Integral de Residuos.

Las amilasas, celulasas y xilanasas son utilizadas en la industria química, de alimentos, en procesos de fermentación y producción de combustibles entre otros, así mismo, y al ser de origen microbiano se hacen interesantes por ser productos extracelulares y no necesitar técnicas de extracción [14]. En Colombia, existe una sola empresa dedicada a la producción de enzimas y aunque las aplicaciones son amplias en el país, la mayoría de éstas son importadas [15] sin generar ningún tipo ejercicio económico para el país, cuando se ha estimado que el 40% de las enzimas a futuro será de origen microbiano [16].

■ CONCLUSIONES

Existen 29 microorganismos nativos capaces de degradar almidón, CMC y xilano a partir de la producción de enzimas.

El mayor número de microorganismos degradadores, se aisló de la fase de maduración de la pila de compostaje con tratamiento T2, tratamiento con roca fosfórica adicionada y compostaje tradicional.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] REYES, Marcela. Pasantía de investigación para la construcción del estado del arte sobre estrategias para optimizar el compostaje de residuos verdes. Trabajo de grado. Ingeniería civil. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánica. 2017. 102 p.
- [2] MONTERROSA, Heidy. Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente. [En línea]. La República. [Consultado: 04-23-2019]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141>
- [3] GOBIERNO DE ESPAÑA. Sistema de tratamiento. [en línea]. Ministerio para la Transición Ecológica. España. [Consultado: 04-23-2019]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Tratamientos-biologicos-compostaje.aspx>
- [4] CALDERÓN, Arley Y., MEDINA, Juan C. Evaluación de la aplicación de estrategias operativas en el mejoramiento y optimización del proceso de compostaje de residuos verdes.



Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. 2018. 67 p.

- [5] DA SILVA, Viviane. Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para la producción de biocombustibles y bioproductos. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. España, Valladolid. Universidad de Valladolid.
- [6] BARRAGÁN, Raúl, GÓMEZ, Fabricio. Estimación de la producción y composición física de los residuos verdes generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander. Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. 2018. 84 p.
- [7] HERNÁNDEZ, LYLLY. Evaluación de la calidad fisicoquímica de los residuos orgánicos de rápida degradación generados en el campus universitario como potencial materia prima del proceso de compostaje. Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. 2014. 67 p.
- [8] HERNÁNDEZ, María. Comienza el cierre del relleno sanitario El Carrasco, el más importante de Santander. [En línea]. El Espectador. Consultado: [04-23-2019]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/santander/comienza-el-cierre-del-relleno-sanitario-el-carrasco-el-mas-importante-de-santander-articulo-837024>
- [9] VANGUARDIA. Emergencia ambiental por el colapso de una celda de basura en El Carrasco. [En línea] Vanguardia Liberal. Consultado: [04-23-2019]. Disponible en: <https://www.vanguardia.com/judicial/emergencia-ambiental-por-colapso-de-una-celda-de-basura-en-el-carrasco-LBVL446683>
- [10] BHAT, M. Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechnology Advance*. 2000. Vol, 18. No. 5. Pp, 355-383.
- [11] JUNG, Yu., Min, Jang., HEO, Sun.Yeon., HONG, Won-Kyung., LEE, Sung-Mok., OH, Baek-Rock., PARK, Seung-Moon., SEO, Jeong-Woo., & KIM, Chul. Cellulolytic enzymes produced by a newly isolated soil fungus *Penicillium* sp. TG2 with potential for use in cellulosic ethanol production. *Renewable Energy*. 2014. No 76, pp. 66-71.
- [12] Grupo de Investigación de Valorización de Residuos y Fuentes Agrícolas e Industriales para Sostenibilidad Energética (INTERFASE). Protocolo de medición de azúcares reductores. Universidad Industrial de Santander. 2018.
- [13] MILLER, Gail L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*. 1959. No 31. Pp 426-428.
- [14] CRUZ, Norella, CASTELLANOS, Diana, ARGUELLO, Heliodoro. Degradación de celulosa y xilano por microorganismos aislados de dos tipos de compost de residuos agrícolas en la Sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2009. Vol. 3. No. 2. pp. 237-249.

- [15] MALAGÓN, Martha, RODRÍGUEZ, Jorge, RODRÍGUEZ, Luis. Enzimas: algunas aplicaciones de "micromáquinas" como impulsoras de tecnología verde. Fundación Universidad e A Semilleros Formación Investigativa. Vol. 3. No. 1. pp 85-90.
- [16] CASTELLANOS, Oscar, RAMIREZ, Diana, MONTAÑEZ, Victor. Perspectiva en el desarrollo de las enzimas industriales a partir de la inteligencia tecnológica. Revista Ingeniería e Investigación. 2006. Vol. 26. No. 2. pp. 52-67.



EFFECTOS DE LOS FLUX ACTIVOS SOBRE SOLDADURAS GMAW APLICADAS A UN ACERO AISI/SAE 1020

Cristhian Harley Madariaga Rosas

Universidad Industrial de Santander

Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales (GIMAT)

Temática: Materiales

Justificación de temática: Esta investigación se basó en una metodología que condujo a resultados novedosos en el proceso de soldadura GMAW, que vislumbran avances y mejoras a futuro en relación a este proceso, lo que se traduce en un mayor rendimiento y con resultados finales más ajustados a las necesidades industriales. La aplicación de esta nueva metodología de soldadura y la elaboración de todo el montaje se hace viable técnica y económicamente, lo que facilita su implementación en la industria metalúrgica, teniendo en cuenta que la soldadura es parte fundamental de diversos sectores industriales.

RESUMEN

El GMAW es uno de los procesos de soldadura más utilizados en la industria, sin embargo, su aplicación enfrenta algunas dificultades, como la necesidad de controlar el gran número de variables que pueden generar inestabilidad en el proceso, si no se ajustan adecuadamente. Por esto, últimamente se viene investigando en la aplicación de flux activos sobre el metal base, en función de un mayor control de los resultados finales. En esta investigación se usaron flux de CaCO_3 y SiO_2 que demostraron influir en cambios morfológicos y alteraciones en los modos de transferencia que gobierna cada una de las soldaduras.

INTRODUCCIÓN

La soldadura es un proceso de suma importancia para el ser humano, pues gracias a ella se han podido desarrollar las industrias en general, ya que es un proceso económico, rápido y de alta calidad. También cabe destacar que la soldadura no solo es un método de ensamblaje de piezas, sino también de reparación y reconstrucción de partes averiadas o desgastadas. Existen muchos procesos de soldadura, entre estos los de arco eléctrico, que se mantienen como los más utilizados, destacándose el proceso GMAW (del inglés Gas Metal Arc Welding) o MIG/MAG que produce la fusión localizada de metales por medio de un electrodo consumible y la pieza de trabajo, con una protección gaseosa que evita la contaminación del charco de fusión, generando así un cordón limpio, sin escoria. Es uno de los procesos más utilizados en la industria por sus grandes ventajas en comparación con otros procesos, consiguiendo realizarse largos cordones, gracias a su alimentación continua y mayores tasas de deposición; así como

una elevada penetración en modos de transferencia como la spray [1]. Estas características son acompañadas de una fácil utilización y automatización, lo que le da un excelente nivel de productividad y versatilidad. Con el fin de hacer este proceso cada vez más fácil en su control y mejorar sus resultados finales, han nacido variantes del mismo; una de estas aun poco explorada para este tipo de soldadura, es el A-GMAW (Active flux Gas Metal Arc Welding), que consiste en la adición de una fina capa de óxidos o haluros en polvo, el cual ha presentado resultados muy interesantes en el proceso TIG en donde radican sus bases y se ha demostrado que, dependiendo el tipo de flux aplicado al metal a soldar, puede generar modificaciones en el proceso y sus resultados.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La estabilidad y gran productividad del proceso GMAW depende directamente de un buen ajuste y control de sus variables, pues de lo contrario podría resultar en mecanismos de transferencia metálica no deseados, generando así morfologías defectuosas. Como son muchas las variables, dichos controles se tornan difíciles. Es así que, se han desarrollado fuentes de energía con sistemas de control eléctricos y mecánicos para monitorear estas variables, pero la implementación de estas tecnologías encarece el proceso. Por esto, últimamente se viene investigando en la aplicación de flux activos con lo que se busca un mayor control de los resultados finales.

■ OBJETIVO

Con esta investigación se busca evaluar los efectos causados por la aplicación de flux de CaCO_3 y SiO_2 sobre la morfología del cordón, así como los parámetros operacionales y la estabilidad del proceso, en unas soldaduras GMAW con modo de transferencia spray y globular, aplicadas sobre un acero al carbono.

■ METODOLOGÍA

El material de las probetas utilizadas fue un acero al carbono AISI/SAE 1020, con unas dimensiones fijas y prestablecidas, así como los parámetros con los que se realizaron todas las soldaduras, en donde solo se varió la corriente y en respuesta a esta, el equipo operó con los valores de velocidad de alimentación y tensión necesarios. Dichos parámetros fueron obtenidos mediante ensayos previos. El CaCO_3 y SiO_2 empleados como flux activos se escogieron después de un análisis bibliográfico. Para la deposición del flux en los cuerpos de prueba, se delimitó una zona de 1000 mm² donde iría depositado lo que correspondía a 0,1 g de flux para cada prueba.

Para la ejecución de las soldaduras, se utilizó un montaje con el que se posicionaron y desplazaron las chapas metálicas. Por otro lado, con el fin de alcanzar el objetivo planteado, se hizo un diseño donde se proyectará y se ampliará el arco en abierto, para observar su comportamiento y longitud en el momento de entrar en contacto con los flux. Para esto se utilizó una lente biconvexa, con la que se consiguió una ampliación de aproximadamente 12X del tamaño real de la longitud del arco.



En la obtención de la longitud de arco deseada, se tuvo que ajustar la velocidad de alimentación, en cuanto se monitoreaba la longitud del arco en la pantalla de proyección, hasta llegar al valor ya establecido como fijo. Para las soldaduras con flux, se mantuvo el mismo procedimiento, con la única diferencia de que el ajuste se realizaba antes de que el arco eléctrico entrara en la zona con flux, así una vez ya adentro de esta área, la velocidad de alimentación no se ajustaba nuevamente, con el objetivo de observar las posibles variaciones en la longitud del arco eléctrico.

Finalmente, para cumplir con el análisis morfológico de los cordones realizados, se necesitó cortar las chapas de forma transversal al cordón de soldadura, tanto en la región de soldadura convencional como en la A-GMAW, acompañado de toda la preparación metalográfica.

■ RESULTADOS

Se analizaron los datos obtenidos, por medio de las señales recolectadas, emitidas en forma de oscilogramas por el programa SINAL. De donde se pudo ver cómo a medida que iba aumentando los valores de corriente, el proceso empezaba a ser gobernado por transferencias de vuelo libre. Se tomaron tres valores para las soldaduras con el proceso A-GMAW, teniendo en cuenta que se buscaba un valor levemente por encima de condiciones con corto-circuito, uno en globular próximo a la región de transición (globular-spray), y uno de tipo spray, que fueron 190, 210 y 230 [A] respectivamente, los cuales se determinaron haciendo un análisis de la cantidad de gotas emitidas por segundo y la estabilidad de la tensión; todo por medio de los oscilogramas.

Para poder analizar lo sucedido en el proceso A-GMAW con los flux de SiO_2 y CaCO_3 , se necesitó elaborar gráficos comparativos de las señales y de los oscilogramas, antes y después de entrar en la zona con flux, que por motivos de espacio no son presentados en este resumen. En los oscilogramas correspondientes al compuesto de SiO_2 , se pudo observar cómo después de que el arco entró en la zona con flux, se volvieron a presentar corto-circuitos en los tres valores de corriente, siendo el valor de 190 [A] el que mayor factor de corto circuito (Fcc) presenta, así como una frecuencia muy similar a la presentada en valores donde la transferencia por corto circuito gobierna el proceso. A pesar de que los valores 210 y 230 [A], tienen Fcc similares y frecuencias de transición parecidas, no se podría afirmar que en dichos procesos se está presentando la misma estabilidad y gobernabilidad por parte del corto-circuito, debido a que estos aspectos se definen por medio del cálculo del desvío estándar (S) del período y el análisis visual de los oscilogramas.

Para el caso del CaCO_3 , ninguna de las soldaduras con el flux presentó algún tipo de corto; esto puede estar relacionado con que el valor de la longitud del arco eléctrico presente aquí fue mucho mayor, lo que hace más difícil el acontecimiento de un corto-circuito. Aun así, se vio una alteración en las señales de la tensión, lo que podría estar asociado con el incremento de CO_2 al gas protector, proveniente de la descomposición del flux. Este aumento estaría originando una fuerza de repulsión mayor en la transferencia, que ocasionaría una demora en el desprendimiento de la gota [2], [3].

Se realizó un análisis comparativo de la velocidad de alimentación y de la longitud del arco eléctrico donde se pudo apreciar, cómo se presenta un incremento de la velocidad de alimentación a medida que se aumenta la corriente del proceso. Esto debido a que, cuando se aumenta la

corriente, la velocidad con la que se funde el electrodo se hace mayor, lo que obliga al sistema a enviar más alambre-electrodo (aumentar la velocidad de alimentación a través de la tensión de referencia) para de este modo compensar el alambre fundido y poder mantener la longitud de arco (6mm) preestablecida como constante.

Para poder entrar analizar comparativamente la velocidad de alimentación en el proceso GMAW convencional vs el A-GMAW, es conveniente primero ver lo sucedido con la longitud del arco en estos dos procesos, donde se observó cómo en presencia del CaCO_3 , la longitud del arco tuvo un incremento notable. Por el contrario, en presencia del SiO_2 , el arco se tornó más pequeño longitudinalmente, y esto haría creer que hubo una mayor velocidad de alimentación, en comparación con la velocidad de fundición del alambre. Sin embargo, dichas disminuciones en la velocidad tendrían que ser mínimas, pues en el proceso no se modificó este parámetro (tensión de referencia), lo que haría que el sistema intente siempre enviar la misma cantidad de alambre por unidad de tiempo. De este modo se supone entonces, que las variaciones se presentan en la tasa de fusión del electrodo, debido a las modificaciones que se estarían presentando en el gas de protección, por la descomposición de los flux activos y la mezcla de estos con el gas protector.

Para el caso específico de CaCO_3 , la atmósfera protectora puede estar sufriendo un aumento del tenor de CO_2 , derivado de la descomposición térmica del flux de carbonato de calcio ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$), que aunque mínimo, éste podría estar influenciando en el perfil del arco. Lo anterior, debido a que el CO_2 posea alta energía de disociación/ionización y elevada conductividad térmica, lo que estaría relacionado con el incremento de la longitud del arco, ya que ocasionaría una mayor tasa de fusión del electrodo y por ende, una reducción en el Stick-out.

Se analizaron también los efectos de los flux, en la morfología de la soldadura, donde se evidenció que el cordón en la zona con flux se tornó menos homogéneo en su ancho. Para esto se tendría varias hipótesis. En primer lugar, se piensa que no hubo un esparcimiento homogéneo del flux en la zona aplicada. De igual forma podría haber sucedido que dicho flux hubiese sido retirado por medio de las fuerzas de soplo del gas protector o del plasma del arco eléctrico, teniendo en cuenta que para la deposición del flux no se utilizó ningún adherente. Por último, con las altas temperaturas que envuelven el proceso, ocurre una evaporación del flux, lo que podría estar sucediendo antes de que el charco de fusión toque el flux, disminuyendo de este modo la densidad del mismo.

De igual forma se analizaron las macrografías de los perfiles, que muestra cómo la constricción del ancho del cordón fue de cierto modo muy similar para las soldaduras con flux, pero muy angostas comparadas con las realizadas sin flux. Así también se analizó la penetración del material depositado y del que se pudo observar una variación significativa, mostrando cómo con el flux SiO_2 fue mucho mayor que la adquirida sin ningún tipo de flux. Así como con el compuesto de CaCO_3 , éste valor se hizo en promedio menor que el de las soldaduras de referencia.

Estas variaciones de profundidad y forma del perfil, son igualmente asociadas con los usos de los gases de protección por muchos autores, pues al generar una mayor longitud de arco en el caso del CaCO_3 , acabo en un desprendimiento de la gota desde una distancia mayor y por ende, en una pérdida de calor en el viaje de la misma, de tal manera que, al llegar a la piscina



de metal, se manifestaría en una menor penetración, pues al hacerse mayor la gota y más lenta la deposición, tendría un menor impacto en el charco. Ahora, con el flux de SiO_2 , que también presentaría cierta descomposición de oxígeno hacia la atmósfera protectora y el charco de fusión, lo que estaría generando en éste último, el llamado efecto Marangoni, que prevalece en los flux a base de oxígeno, justificando así, los grandes valores en la penetración [4]. Por último, el elevado refuerzo en el cordón de SiO_2 está asociado con la mayor deposición de metal y en el efecto Marangoni, que no permitió que el metal se expandiera a lo ancho de la placa. Por otro lado, el CaCO_3 , al tener una penetración tan baja, terminó generando un refuerzo elevado con todo aquel material que no penetró en el metal.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Como ya se ha demostrado, el proceso GMAW es uno de los más importantes en la soldadura y ha contribuido a los avances tecnológicos tal cual los vemos hoy en día. Es por eso que hace parte de todo tipo de industrias y de este modo, el A-GMAW con su mejora y mayor control de los resultados finales del proceso a bajos costos y sin mayores dificultades de implementación, facilitaría la producción en muchas industrias, daría un mayor factor de seguridad en sus resultados y generaría más avances para el ser humano.

■ CONCLUSIONES

Del presente trabajo acerca de los efectos ocasionados por los flux activos de SiO_2 y CaCO_3 , sobre soldaduras GMAW en un acero AISI/SAE 1020, se concluyó que:

- Al realizar el análisis de los oscilogramas, tanto el SiO_2 como el CaCO_3 ocasionaron una variación en el método de transferencia metálica, generando alteraciones en la tensión del proceso.
- Se observaron transferencias de metal por medio de corto-circuito con la utilización de SiO_2 ; por el contrario, al implementarse el flux de CaCO_3 se desaparecieron los corto-circuitos ocasionales presentes en los valores de corriente de 190[A], en el proceso convencional.
- Se presentó un incremento de la velocidad de alimentación al tratar de mantener constante la longitud del arco, mientras se aumentaba la corriente en el proceso GMAW convencional.
- Se asociaron las desviaciones de la longitud del arco, a efectos ocasionados con la variación de la composición de los gases protectores, por causas de una descomposición de los flux, concluyendo que los compuestos de SiO_2 y CaCO_3 afectan la atmósfera protectora.
- Con la aplicación de los flux, se presentaron variaciones significativas en las características geométricas del cordón, como penetración, ancho y refuerzo, al ser comparadas con las obtenidas en el proceso GMAW convencional.
- El ancho del cordón mostró una alteración, que se asoció a unas diferencias en la densidad del flux en la zona esparcida.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Queiroz Bracarense, "Gas Metal Arc Welding 2.2.," *Infosolda*, 2003. [Online]. Available: <http://www.infosolda.com.br/artigos/processos-de-soldagem/423-gas-metal-arc-welding.html>. [Accessed: 09-Jun-2018].
- [2] L. ARAÚJO BATISTA, *SOLDAGEM MIG / MAG COM FLUXO ATIVO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 304L (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO)*. Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- [3] L. ARAÚJO BATISTA, L. BRITO, C. H. MADARIAGA, M. AZEVEDO, and P. J. MODENESI, "Efeito do Uso de CaCO₃ como Fluxo Ativo no Modo de Transferência Metálica," *CONSOLDA – Congr. Nac. Soldag.*, vol. XLIII, 2017.
- [4] P. J. Modenesi, "A química da formação do cordão na soldagem TIG," *Soldag. e Insp.*, vol. 18, no. 3, pp. 287–300, 2013.



METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE VÍAS TERCIARIAS MEDIANTE TÉCNICAS NO CONVENCIONALES - CASO PILOTO DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Autores: Yeison David Romero Mancilla, Jhohan Steven Silva Rico

Director: Dr. Ing. Mario Camilo Torres Suarez

Universidad La Gran Colombia

Desarrollos para Ingeniería Civil en y para ámbitos urbanos

Temática: Materiales

Justificación de temática: El proyecto se postula en la temática de materiales, debido a que este se encuentra asociado a la solución de infraestructura en cuanto mantenimiento, control y mejoramiento de procesos de análisis en áreas de la ingeniería civil, involucradas en el diseño y ejecución de infraestructura vial terciaria de Cundinamarca.

■ RESUMEN

Con este proyecto se pretende realizar una metodología aproximada para el estudio de sistemas de mejoramiento de vías terciarias mediante técnicas no convencionales, que ayude a los entes territoriales y nacionales en la toma de decisiones en materia económica, en donde se evidencie los diferentes factores de riesgo para un proyecto vial. Como caso piloto se propone el municipio de Guayabetal en donde como resultado de una primera parte del proyecto se obtuvo una caracterización detallada del estado actual de la red vial terciaria mediante el uso de modelaciones numéricas que asemejan el comportamiento de las vías bajo condiciones desfavorables.

■ INTRODUCCIÓN

A través del tiempo el planeta ha venido presentando diversos cambios geológicos, morfológicos, uso y estructura del suelo, hidrológicos que repercuten en inundaciones, deslizamientos sequías y daños ambientales. En Colombia diversas regiones han sido golpeadas por desastres naturales, afectando la infraestructura vial y las poblaciones socioeconómicamente más vulnerables, Parra & Melo (2015), esto se hace muy frecuentes y suele causar graves pérdidas económicas a la propiedad, el comercio, así como la pérdida de vidas humanas. Por esta razón, se hace necesario desarrollar mecanismos capaces de brindar apoyo en la evaluación y control de procesos morfodinámicos e inundaciones, presentes en algunas regiones del país que afectan la Infraestructura vial, especialmente en zonas rurales implementados desde áreas temáticas

de la ingeniería civil (Hidrología e Hidráulica, Geotecnia, Gestión del riesgo, Vías, tránsito y transporte unidos con SIG).

Teniendo en cuenta los hechos ocurridos en agosto del 2018, en donde por causa de intensas lluvias se presentaron más de 15 deslizamientos en el municipio de Guayabetal (municipio que se encuentra en la vía entre Bogotá-Villavicencio) y teniendo en cuenta la red terciaria de este municipio y sus condiciones geográficas, la Universidad La Gran Colombia en busca crear una metodología para el estudio de sistemas de mejoramiento de vías terciarias, que ayude a los entes territoriales y nacionales en la toma de decisiones, en donde se evidencie los diferentes factores de riesgo para un proyecto vial. Como caso piloto se propone el Departamento de Cundinamarca, como resultado de la primera parte del proyecto se generaron modelos que simulan eventos naturales con el objeto de conocer el comportamiento aproximado de la red vial terciaria en distintas áreas de la ingeniería civil.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

América Latina es la zona más desigual del mundo, con brechas de productividad e infraestructura deficiente, Colombia no escapa a esta realidad, el estado ha reconocido la falta de inversión que existe en esta infraestructura y en especial en las vías terciarias que llega a ser el 69.4% del total de las vías del país, por esto, se evidencia la falta de recursos y a un inventario veraz que consolide el total de Kilómetros junto con su estado actual. Contiguo a este panorama las técnicas que se realizan para la estructuración e implementación de proyectos viales terciarios son inadecuados.

■ OBJETIVOS

- Identificar las características geomorfológicas, geológicas, hidrológicas, orográficas y sociales de las zonas de estudio, caso piloto departamento de Cundinamarca.
- Implementar un sistema de información geográfico en donde se presenten los planos y mapas investigados e identificados dentro del proyecto.
- Adelantar una aproximación del inventario de la red de vías terciarias en el Departamento de Cundinamarca.

■ METODOLOGÍA

El proyecto se divide principalmente en dos etapas, en primera instancia se debe realizar la toma de información física y verificación de condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, ambientales y de ingeniería, más relevantes de las vías terciarias que conforman el municipio. La información incluye datos de características geométricas de las vías (longitudes, pendientes, anchos, taludes, etc.), daños de la estructura vial bien sea que se trate de tramos viales en afirmado, placa-huella, pavimentos en concreto o asfalto, así como a nivel de estabilidad de taludes y laderas, procesos de remoción en masa activos y algunos aspectos de carácter hidrológico como cruce de ríos, quebradas, afluentes y otros.



Se plantea en un futuro una segunda parte con la aplicación de redes neuronales y lógica difusa que describa el comportamiento en diferentes temáticas de la ingeniería que conforman una red vial terciaria, alimentando una o varias neuronas artificiales mediante algoritmos de programación con información capturada en campo. De esta manera brindar una herramienta de predicción de eventos que caracterice las condiciones actuales y futuras de las vías que permita a las entidades públicas departamentales y municipales priorizar recursos en zonas de interés que aumente la calidad de vida de los habitantes de las zonas veredales.

Al ser un proyecto piloto conformado por 25 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia, y docentes con alta experiencia en área de hidrología e hidráulica, gestión del riesgo, geotecnia, se generaron modelos que simulan eventos naturales con objeto de conocer el comportamiento aproximado de la red vial terciaria en distintas áreas de la ingeniería civil

■ RESULTADOS

La captura de información se realizó mediante aplicativos digitales, con formularios digitalizados que permitieron la captura de datos de manera eficiente y en tiempo real y georreferenciado del estado actual de la superficie vial, dejando a un lado la metodología de captura de información convencional (formularios en físico),

Como resultado se cuenta con una base de datos con 1050 puntos georreferenciados con una completa información sobre el estado actual de la vía, estos, distribuidos en 634 puntos en vías sin pavimentar, 207 de estructuras de drenaje, 102 de remoción en masa, 63 de macizo rocoso, 18 de pavimento flexible, 9 de pavimento rígido, y finalmente 2 de obras de estabilización. De esta manera se logró delimitar la zona de estudio y obtener una cartografía base donde se observa la ubicación de distintas temáticas presentes en las vías terciarias a lo largo del municipio, también un inventario del estado actual de las vías que comunica las veredas con la cabecera municipal.

Se validó y contrastó la información de la siguiente manera: se organizó la información capturada en campo y se validó la misma comparando las fotografías de los puntos registrados mediante aplicativos y posteriormente con áreas de influencia (10 metros), esto con objeto de descartar la información poco confiable y disminuir la incertidumbre de las modelaciones

Adicionalmente se generaron mapas de susceptibilidad a las remociones en masa en función de la geología y geomorfología, así como simulaciones de corredores viales y taludes, mapas, velocidad e inundación de flujos naturales que simulan inundaciones producto de una lluvia torrencial extrema en las vías terciarias. Es importante aclarar que los resultados obtenidos en esta primera parte del proyecto son una muestra de lo que se puede obtener con metodologías convencionales para la caracterización de vías terciarias en distintos campos de la ingeniería civil.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El proyecto está destinado a ser implementado en la infraestructura vial terciaria de los municipios de Cundinamarca. Al ser un proyecto multidisciplinario en cuanto áreas temáticas de la ingeniería civil refiere, se cuenta con resultados en los campos de Hidrología e Hidráulica, Geotecnia, Gestión del riesgo, vías, tránsito y transporte, enfocados a la caracterización del estado actual bajo condiciones extremas de la red vial terciaria. Su campo de acción no se limita a la aplicación de herramientas existentes, pues la academia generó nuevos conocimientos por medio de la investigación realizada que serán aplicables en zonas rurales deprimidas económicamente.

■ CONCLUSIONES

La puesta en marcha de estos proyectos pretende ayudar a mitigar las necesidades de las comunidades menos favorecidas en Colombia, comunidades que generalmente se encuentran asentadas en las áreas rurales, zonas en donde se tiene el menor índice de ingreso económico comparado con las zonas urbanas. el inventario cuantitativo y cualitativo de elementos constitutivos de las vías terciarias, es una necesidad real en un país como Colombia, que cuenta con grandes brechas sociales, económicas y culturales que pueden verse disminuidas con la presencia de una buena infraestructura vial en todos sus niveles.

El esfuerzo y trabajo mancomunado de instituciones públicas, organizaciones sociales y la academia, crean grandes proyectos que se pueden ejecutar desde el quehacer de cada una de las entidades. En la ejecución del proyecto se logró ver la falta de un inventario verídico de las condiciones actuales de la red vial terciaria de los municipios de Cundinamarca, esto conlleva a que las entidades públicas municipales prioricen zonas que pueden no ser de vital importancia. Lo anterior tiene una repercusión económica y social directa en la población campesina de las veredas. Se evidenció que las consecuencias de no contar una malla vial de calidad implican consecuencias en el transporte de mercancías, transporte de personal y acceso a recursos y servicios básicos primordiales.

En esta primera parte del proyecto se vio la importancia de contar con información secundaria digitalizada para la toma de información primaria en campo. Implementar aplicativos que permita a los ingenieros y áreas afines el procesamiento de datos de forma eficaz, disminuyendo incertidumbres en los resultados futuros. Gracias a lo anterior se logró caracterizar las condiciones bajo las cuales se encuentra una red vial terciaria, los distintos factores que limitan su correcto servicio al largo de los años. Con el uso de modelación numéricas se logró simular el comportamiento de la red vial bajo condiciones actuales de un municipio piloto, con el uso de programas Open Source y de uso restringido por licencia, validando los resultados con información recopilada en campo. Es importante aclarar que este proyecto de investigación busca como alcance llegar a implementar la aplicación de redes neuronales en un futuro, con el objeto de simular procesos que afectan directa e indirectamente la integridad física vial con información básica Geotécnica, Geológica, Hidrológica e Hidráulica, creando así una herramienta que permita el análisis íntegro de las vías terciarias de Cundinamarca.



■ BIBLIOGRAFÍA

- Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible una oportunidad para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas CEPAL.
- Beltrán, J. (2018). Analisis geotecnico y geomorfológico regional, municipio de Guayabetal. Consultoria, interventoria y construccion Ingeniero Civil PUJ.
- Cardona, G. (2017). Vías terciarias para la paz. *Revista de ingeniería*, (45), 8-10.
- Correa-Valderrama, E. (2017). El rol de las vías terciarias en la construcción de un nuevo país. *Revista de Ingeniería*, No 45, pp. 64-72.
- Courty, L. G., Pedrozo-Acuña, A., & Bates, P. D. (2017). Itzi (version 17.1): an open-source, distributed GIS model for dynamic flood simulation. *Geoscientific Model Development*, 10(4), 1835–1847. <http://doi.org/10.5194/gmd-10-1835-2017>.
- GIL, 2019, Instituto Nacional de Vías, Informe de inversión en vías rurales
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, (2019), guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales.
- Narváez, L. (2017). Vías terciarias: Motor del desarrollo económico rural. *Revista de ingeniería*, (45), 80-87.
- Murillo (2017). Desafíos para el desarrollo de la red vial terciaria en el posconflicto. *Revista de ingeniería*, No 45, pp 32-38
- Zamora, N., & Barrera, O. L. (2012). Diagnóstico de la infraestructura vial actual en Colombia. Bogotá: Universidad EA.



DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD Y ANÁLISIS RAM, PARA PLANTAS ELÉCTRICAS DE EMERGENCIA ATENDIDAS POR LA EMPRESA WES IMPORTACIONES

María Gabriela Mago Ramos, Jesús Leonardo Rodríguez Florián

Universidad Libre

Programa de Ingeniería Mecánica

Temática: Materiales

RESUMEN

En la presente investigación se realizó un estudio de plantas eléctricas de emergencia, teniendo en cuenta las características técnicas, así como también el contexto operacional, diseñando un plan de mantenimiento basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM. La metodología utilizada requirió el uso de estrategias de mantenimiento aplicadas durante tres fases fundamentales: investigación, análisis y desarrollo. El resultado que se obtuvo da cuenta de un plan de mantenimiento que complementa el portafolio de servicios de mantenimiento de la empresa WES Importaciones. Las investigaciones futuras estarán dirigidas al análisis y evaluación de la implementación del plan de mantenimiento diseñado.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto muestra como resultado final, un plan de mantenimiento aplicable a plantas eléctricas de emergencia, el cual fue diseñado mediante el uso de estrategias de mantenimiento como la ingeniería de confiabilidad y el análisis RAM. La ingeniería de confiabilidad es un conjunto de técnicas que relacionan de forma estratégica la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de los activos, facilitando la toma de decisiones dentro de la ejecución del mantenimiento. Por otro lado, el análisis RAM, conocido así por sus siglas en inglés (Reliability, Availability, Maintainability), permite para un periodo de tiempo establecido, predecir parámetros de mantenimiento con base al contexto operacional de los equipos y su configuración. La empresa WES Importaciones, dedicada a la importación, distribución, instalación, reparación y mantenimiento de equipos agroindustriales, ofrece hoy por hoy planes de mantenimiento convencionales (correctivo, preventivo) para plantas eléctricas. Sin embargo, en esta investigación se aplican metodologías de mantenimiento de forma innovadora para el tipo de sector, que permiten ampliar el portafolio de servicios de la empresa. Se evaluaron cerca de cincuenta (50) equipos que cumplían las condiciones establecidas, tomando en cuenta características y condiciones de operación mediante una recopilación de información que incluía fichas técnicas, catálogos, hojas de vida, reportes de servicio, recursos, entre otras, de



cada uno de los equipos. Posterior a ello, se aplicó ingeniería a través de las estrategias de mantenimiento mencionadas y se obtuvo como resultado un plan de mantenimiento que, por un lado, se adapta a las condiciones comerciales y de servicio de WES Importaciones, y por otro, cubre íntegramente la funcionalidad del equipo garantizando operatividad en los entornos de aplicación.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La obtención de bienes y servicios que se utiliza en estos días, requiere niveles de producción que suplan tal demanda. Para el consumidor, cuando un bien no llega en el momento que lo requiere, representa un gran problema. Si ocurriera una falla del sistema eléctrico durante una cirugía de cualquier tipo en algún centro de salud, las consecuencias, serían muy graves. Se hace indispensable que diferentes compañías dedicadas a la atención de público (bancos, clínicas y hospitales, etcétera) cuenten con equipos de generación de energía, para evitar que el desarrollo de la actividad se vea suspendida por cortes repentinos, es por ello que se ha planteado el diseño de un plan de mantenimiento para este tipo de sector de forma innovadora, cuya aplicabilidad es fundamental dada la importancia porque debe prestarse servicio en forma ininterrumpida. El proyecto tiene una proyección a otros sectores con necesidades especiales para cliente y/o usuarios con alto valor social y ciudadano.

■ JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el valor que tienen las plantas eléctricas de emergencia dentro de los procesos de producción o prestación de servicios, es indispensable emplear una metodología de mantenimiento que asegure el óptimo funcionamiento de los mismos y mantenga un alto nivel de producción. La importancia de diseñar un plan de mantenimiento basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM garantiza que el bien funcione dentro de un periodo de tiempo establecido (tiempo de vida útil) tomando en cuenta sus especificaciones y condiciones desde que comienza su operación [2] y, también, pronosticar de manera precisa los parámetros de mantenimiento teniendo en cuenta el contexto operacional del equipo [3].

Actualmente, la empresa WES Importaciones cuenta con un alto número de equipos vinculados mediante un contrato de mantenimiento que cubre únicamente mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, siendo esta condición un gasto económico considerable por parte de las compañías propietarias que varía entre \$180.000 y \$850.000 (o mayor) dependiendo de las actividades, tiempos y cantidad de veces de intervención, recursos y elementos que se necesiten. Mediante el diseño del plan de mantenimiento para plantas eléctricas de emergencia basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM, WES Importaciones podrá ofrecer una alternativa innovadora y económica a sus clientes, en donde se logrará la estandarización de los procedimientos, así como la planeación y la programación de las rutinas de mantenimiento, aportando al “know how” de mantenimiento [4] de las compañías en las que presta sus servicios.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar el plan de mantenimiento basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM para plantas eléctricas de emergencia atendidas por la empresa WES Importaciones, con la finalidad de optimizar su vida útil.

Objetivos Específicos:

- Evaluar las plantas eléctricas y sus componentes para identificar las fallas más recurrentes y determinar las condiciones de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad existentes.
- Elaborar el plan de mantenimiento bajo técnica de análisis de fallas para optimizar la programación de mantenimiento de las plantas eléctricas de emergencia.
- Determinar la evaluación costo/beneficio del plan de mantenimiento propuesto para plantas eléctricas de emergencia.

■ METODOLOGÍA

Para la realización metodológica de este trabajo se llevan a cabo las siguientes fases investigativas:

- Recolección de la información necesaria del equipo: Una vez catalogados los equipos que cumplieran con las características delimitadas en este proyecto, se procedió a la recolección de información uno por uno de los mismos basándose en hojas de vida, historiales de mantenimiento, registros de órdenes de trabajo y demás suministrados por el sistema de administración de mantenimiento moderno SAMM, propiedad de WES Importaciones.
- Elaboración de fichas técnicas, catálogos, despieces y manuales que fue posible obtener de páginas web del fabricante.
- Identificación de fallas y modos de fallas que deben ser analizados durante la ejecución del proyecto.
- Aplicación de la estrategia de mantenimiento que permitió solucionar las necesidades descritas en la etapa anterior, mediante la clasificación del análisis de los modos y efectos de falla (AMEF).
- Cálculo del número ponderado de riesgo RPN.
- Diseño del plan de mantenimiento basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM, como se indica en la figura 1.

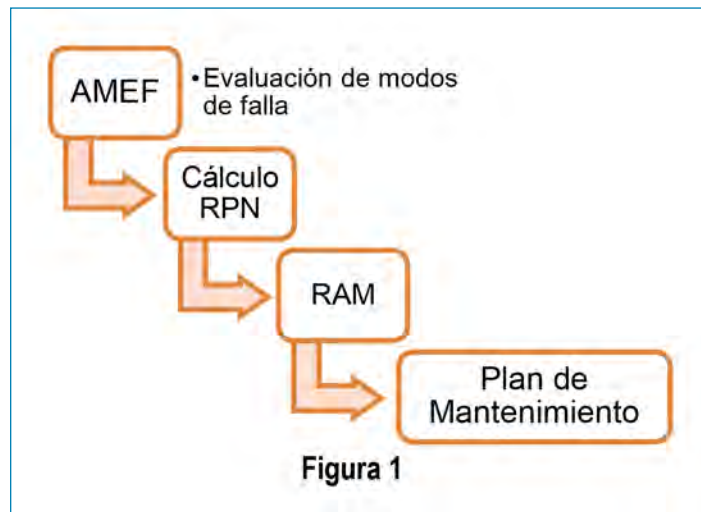


Figura 1

- Evaluación del costo/beneficio con el fin de establecer la rentabilidad de su aplicación.

■ RESULTADOS

A continuación, en la tabla 1, se muestra uno de los planes de mantenimiento desarrollados para la implementación de este proyecto en la empresa WES Importaciones.

Tabla 1. Plan de Mantenimiento.

Modo de Falla	Actividad Propuesta	Falla(s) que Ataca	Frecuencia [días]	Duración [hrs]	Equipos y Herramientas	Repuestos, insumos y/o consumibles
Equipo enciende, pero no transmite la carga	- Comprobar funcionalidad del Breaker de potencia para validar cambio de pieza	AWM1-ELE-TP AWM1-ELE-PG AWM1-ELE-RV AWM1-ELE-PC AWM1-ELE-GR	180	1	Juego de destornilladores, pinza amperimétrica	N/A
	- Inspección y ajuste de instrumentos y luces de señalización		90	2	Juego de perilleros, pinza amperimétrica	Pilotos
	- Revisar estado de conexiones eléctricas		90	2	Pinza amperimétrica, guantes y lentes de protección	N/A
	- Realizar limpieza con aire comprimido		90	2	Compresor, guantes y lentes de protección	N/A
	- Controlar velocidad del generador		180	1	Manual de codificación de panel de control del equipo	N/A
	- Comprobar y sustituir diodos		180	3	Juego de pinzas, juego de destornilladores, pinza amperimétrica	Juego de diodos
	- Apretar borneras en contactos		90	2	Juego de pinzas, juego de copas, pinza amperimétrica	N/A
	- Medir la corriente de carga		90	1	Pinza amperimétrica	N/A

Fuente: J. Rodríguez, 2019.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación de este tipo de proyecto puede llevarse a cabo en diferentes sectores productivos que utilicen plantas eléctricas de emergencia, por ejemplo: Hospitales, Sectores de manufactura, Entidades financieras, Sectores siderúrgicos, Empresas Logísticas, Bancos, etc.

■ CONCLUSIONES

La evaluación realizada a las plantas eléctricas de emergencia determinando las condiciones existentes de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, facilitaron el diseño del plan de mantenimiento y fueron claves para el establecimiento de las frecuencias y rutinas de inspección que requieren estos equipos. La obtención del plan de mantenimiento bajo técnica de análisis y modos de falla, permitió enfocar las actividades propuestas hacia la prevención de las más recurrentes, estableciendo a su vez equipos, herramientas, recursos, repuestos e insumos a utilizar. El cálculo del número ponderado de riesgo, RPN, es parte fundamental en el diseño de las actividades del plan de mantenimiento, ya que por medio de este es que se prioriza la falla presentada con mayor afectación al equipo. La relación costo/beneficio del plan de mantenimiento implementado por WES Importaciones actualmente, a pesar de ser positiva, no refleja un verdadero retorno de la inversión considerando los altos costos de mantenimiento que en este momento asumen los clientes. La metodología empleada para desarrollar el plan de mantenimiento para plantas eléctricas de emergencia enmarcó la aplicación de diversas técnicas de mantenimiento proactivo que, en conjunto, contextualizan las etapas fundamentales de la ingeniería de confiabilidad. El acompañamiento técnico por parte de WES Importaciones para la elaboración de este trabajo durante las etapas de investigación, análisis y diseño del mismo, pone a la compañía en las nuevas tendencias y metodologías de mantenimiento que son vitales para la competencia industrial tanto de clientes como de servicios. El plan de mantenimiento basado en ingeniería de confiabilidad y análisis RAM se ajusta al modelo comercial de WES Importaciones y podría ser incluido dentro del portafolio de servicios de la compañía que es otro de los aportes de suma importancia desde la Ingeniería Mecánica.

■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/que-es-una-planta-de-emergencia/>
- [2] King Nuñez, Karla I. Que es Ingeniería de Confiabilidad. Artículo de información. Chrome WEB [en línea], 2012. Disponible en internet: <https://www.gestiopolis.com/que-es-ingenieria-de-confiabilidad/>
- [3] Jiménez, A. Análisis RAM. Artículo de información. Chrome WEB [en línea], (2013). Disponible en internet: <https://maintenancela.com.co/2013/01/analisis-ram.html>
- [4] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. 2002. API Recommended Practice 580. Risk Based Inspection. Washington D.C.



- [5] Ávila Baray, H. Introducción a la metodología de la investigación. Edición electrónica, (2006). Texto completo disponible en: www.eumed.net/libros/2006c/203/
- [6] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/historia-del-generador-electrico-parte-i/>
- [7] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/historia-del-generador-electrico-parte-ii/>
- [8] Basler, Michael J.; Schaefer, Richard C. (2008). «Understanding Power-System Stability». IEEE Transactions on Industry Applications (en inglés estadounidense).
- [9] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/como-funciona-una-planta-de-luz/75>.
- [10] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/como-funciona-una-planta-de-luz/>
- [11] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/tipos-de-generadores-de-luz/>
- [12] Roa Villar, M. Información de generadores y equipo industrial. Curso virtual de formación. Chrome WEB [en línea], 2018. Disponible en internet: <https://www.luzplantas.com/tipos-de-generadores-de-luz/>
- [13] Ing. Luis Alberto Mora. 2010. MANTENIMIENTO. PLANEACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INNOVACIÓN PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS EN EL SECTOR PÚBLICO O PRIVADO

Luis Miguel Toloza Gordillo; Jorge Andrés Sarmiento Rojas

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Semillero de Investigación en planeación, seguimiento, control y administración de obras (SIAC).

Temática: Procesos Productivos y Logísticos

Justificación de temática: Las metodologías claras en formulación y evaluación de proyectos permiten identificar oportunidades, mejorar procesos de administración documental, seguimiento y control de proyectos formulados por entidades públicas o privadas, mediante revisión de Sistemas de Gestión de Calidad; para este fin, las herramientas informáticas permiten realizar seguimiento y control de alcance, tiempo y costo de proyectos con el fin de unificar y analizar la información de forma rápida y eficiente; adicionalmente, estas herramientas permiten implementar repositorios virtuales, estimar escenarios, establecer documentos históricos y soporte continuo en procedimientos y registros generados durante todas las etapas del proyecto.

■ RESUMEN

La administración y seguimiento en la ejecución de proyectos, asume importantes desafíos en el sector público o privado; por lo tanto, es necesario establecer lineamientos y herramientas precisas que apoyen la gerencia de proyectos; igualmente, garantizar el registro histórico y trazabilidad documental, mediante la implementación de herramientas informáticas para análisis de información existente, realización de estimaciones y diagnóstico a través del Earned Value Management (EVM), acoplando técnicas de gerencia y elaboración de proyecciones confiables en cualquier momento. Conjuntamente, es fundamental generar repositorios virtuales adaptables en búsqueda de abordar y registrar la trazabilidad histórica de decisiones, gestionando comunicaciones y lecciones aprendidas.

■ INTRODUCCIÓN

El PMBOK®, define un proyecto como el esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, enfocado al cumplimiento de objetivos mediante la producción de entregables; en la actualidad, las entidades relacionadas al sector de la construcción han asumido retos importantes a nivel mundial, logrando impactar significativamente en países en vía de desarrollo como Colombia, en concordancia con la solución de infraestructura, vivienda, bienestar y demás actividades relacionadas y enfocadas al progreso de la sociedad moderna,



respondiendo favorablemente a los cambios dinámicos de la economía. En consecuencia, los Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC) han determinado un incremento de empleo en esta rama de la economía en 0,5% a nivel nacional y 10,5% en la rama de la construcción para el primer trimestre de 2019; de esta manera, establecer un enlace entre las técnicas de gerencia y la elaboración de proyecciones confiables basados en las condiciones de cada etapa de un proyecto. Adicionalmente, con el fin de gestionar comunicaciones y lecciones aprendidas, es fundamental el diseño y preparación de un repositorio virtual adaptable en búsqueda de abordar y registrar la trazabilidad histórica de la toma de decisiones (según los requerimientos o necesidades establecidas en el sistema), sin importar la actividad o campo económico de la compañía, sean estas del sector público o privado.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los proyectos de construcción requieren un alto nivel de planeación y ejecución; sin embargo es común identificar procesos poco eficientes y encontrar falencias en el desarrollo de procesos, trazabilidad y controles de cambio; al mismo tiempo la falta de herramientas tecnológicas de vanguardia, nuevos conocimientos o buenas prácticas que les permitan establecer criterios sólidos para la realimentación de técnicas en las daciones críticas en los procesos, generando incapacidad de mejorar la formulación y evaluación de nuevos proyectos.

■ OBJETIVOS

Objetivo Principal:

Elaborar una metodología de diagnóstico e implementación de herramientas de innovación enfocadas al seguimiento y control de proyectos.

Objetivos Específicos:

- Identificar las principales metodologías y registros utilizados para el seguimiento y control de contratos.
- Elaborar herramientas de seguimiento y control a proyectos, enfocados a la optimización de registros y documentos existentes en los sistemas de gestión de calidad, utilizando la metodología del valor ganado (EVM).
- Elaborar un modelo de repositorio virtual enfocado a la sistematización, administración y reporte de información.

■ METODOLOGÍA

1. Revisión teórica sistemas de gestión de calidad.
2. Caracterizar las empresas objeto de estudio: sector de la construcción, ciudad de Tunja.
3. Análisis de los procesos y procedimientos relacionados con el seguimiento y control de los proyectos, susceptibles a requerimientos internos y externos de las entidades.

4. Caracterización e identificación de oportunidades de mejora de las empresas relacionadas al sector de la construcción en la ciudad de Tunja.
5. Creación de herramientas para sistematización de información basados en experiencias y oportunidades de mejora encontradas.
6. Diagnóstico y propuesta de métodos de identificación y resolución de problemáticas en el manejo de la información en proyectos.

■ DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Análisis del tipo de certificaciones de calidad utilizadas en Colombia.
2. Cuantificación y ordenamiento mediante técnicas estadísticas descriptivas del tipo de empresas inmersas en el sector de la construcción mediante actividad económica.
3. Determinación cuantitativa mediante estadística descriptiva de las metodologías utilizadas en las empresas relacionadas con el sector de la construcción.
4. Realización de encuestas a empresas con el fin de establecer criterios relacionados sobre el control de calidad en proyectos de construcción.
5. Utilización de lenguaje de programación en Python y visual Basic de Microsoft Office para elaboración de herramienta informática.
6. Tabulación en software de datos resultantes.
7. Análisis de resultado mediante técnicas cuantitativas estadísticas descriptivas e inferenciales con el fin de establecer confianzas y exponer posibles alternativas para el mejoramiento organizacional relacionadas con el seguimiento y control de proyectos

■ RESULTADOS

El trabajo permitió la identificación y análisis de metodologías, procesos y procedimientos utilizados en seguimiento y control de proyectos, priorizando el registro de decisiones susceptibles a verificación por entes u organismos de control internos o externos; igualmente, se establecen las herramientas de apoyo para el seguimiento y control mediante la metodología del valor ganado (EVM), logradas a través de soluciones tecnológicas enfocadas al uso de información existente (cronogramas, presupuestos, metas físicas), calculando indicadores y proyecciones. De otra parte, la disposición de repositorios virtuales permite la sistematización de información derivada de procesos y procedimientos en entidades públicas o privadas, brindando soluciones optimas a falencias u oportunidades de mejora encontradas, además de generar un registro histórico de los cambios y decisiones tomadas en cualquier etapa del proyecto.

Por otra parte, el resultado preliminar de la investigación derivó en la publicación del libro denominado "Caracterización de la gerencia de proyectos de construcción en la ciudad de Tunja", y la elaboración de software y herramientas informáticas que permiten a las empresas



del sector de la construcción realizar análisis continuos y verificación del estado, rendimientos y costos de los proyectos.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El proyecto permitió realizar análisis y recopilación de información relacionada con la actividad constructiva de la ciudad de Tunja; así mismo, se identificaron las problemáticas y consecuentemente, las carencias en la sistematización de información, las cuales generan falencias en el control en los cambios de un proyecto; estas problemáticas son comunes en entidades públicas o privadas. En consecuencia, la creación de herramientas, desarrollo tecnológico e innovación, permitió la adaptación a las necesidades de las empresas, gracias a la facilidad de ajuste a los requerimientos de cada uno de los involucrados.

■ CONCLUSIONES

Los procesos de seguimiento y control en proyectos de construcción se realizan empíricamente, teniendo como base la experiencia del equipo de trabajo; en consecuencia, se evidencian falencia en la sistematización y estandarización de criterios, proceso de evaluación y planeación.

Actualmente no existen herramientas o procesos eficientes para la determinación del estado de los proyectos en el sector de la construcción; en consecuencia, se dificulta realizar procesos de trazabilidad y realimentación en la puesta en marcha y culminación de las fases o de proyectos.

Gracias al uso de herramientas informáticas fue posible mejorar y estandarizar los procesos de seguimiento y control de calidad en empresas y proyectos de construcción.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). Estudio económico del sector de la construcción, proyectos de conservación y/o construcción de infraestructura vial y de espacio público. (Instituto de Desarrollo Urbano, Ed.). Bogotá, Colombia.
- Arslan, G., & Kivrak, S. (2008). Critical factors to company success in the construction Industry. *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, 2(9), 164–167.
- Cámara de Comercio de Tunja. (2019). Estudio económico Cámara de comercio de Tunja vigencia 2018. Tunja, Boyacá.
- Consejo Privado de Competitividad. (2019). Informe nacional de competitividad 2018- 2019 (Duodécima). Bogotá D.C: Consejo Privado de Competitividad.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2016). Informe de Coyuntura Económica Regional de Boyacá - Tunja 2015. Bogotá D.C. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Boyaca_2015.pdf

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2018). Boletín técnico Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC).
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2004). Manual metodológico general, para la identificación, preparación y evaluación de proyectos.
- Kerzner, H. (2017). PROJECT MANAGEMENT A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (Twelfth Ed). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. (n.d.). Design and Analysis of Experiments. (A. S. University, Ed.) (Eighth Edi). John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. (2017). Experimental Design (Ninth Edit). Hoboken, NJ: JohnWiley & Sons, Inc.
- Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.aut-con.2016.06.016>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol*, 35(1), 227–232. Retrieved from <http://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Ozorhon, B., & Cinar, E. (2015). Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning Implementation in Construction: Case of Turkey. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 04015014. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000370](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000370)
- Project Management Institute. (2017). Guía de los FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Guía del PMBOK®). (I. Project Management Institute, Ed.) (Project Ma). Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 EE.UU: PMI Book Service Center. Retrieved from info@bookorders.pmi.org
- Sarmiento, J., Medina. M. & Gutiérrez-Junco, Ó. (2018). Caracterización de la gerencia de proyectos de construcción en la ciudad de Tunja. Tunja: Editorial UPTC.



APLICACIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO RCA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES

Juan Gabriel Bastidas Martínez, Nicolás Infante Rodríguez & Hernán Darío Torres Daza

Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.

Semillero de Investigación en Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo.

Temática: Materiales

Justificación de temática: Este trabajo presenta los resultados en laboratorio de mezclas asfálticas con material alternativo para pavimentos, a fin de contribuir a una solución técnica y ambiental en términos de aprovechamiento de residuos sólidos y contribuir para el desarrollo de la infraestructura vial del país.

RESUMEN

Los residuos de construcción y demolición son considerados un pasivo ambiental en el mundo, por generar un gran impacto negativo al medio ambiente en términos de su disposición final segura. Sin embargo, dichos materiales pueden contener un alto potencial de materia prima para su reutilización en obras de ingeniería civil. Este trabajo, evaluó en laboratorio la aplicabilidad de los agregados reciclados de concretos como agregados para mezclas asfálticas drenantes para pavimentos, obteniendo una alternativa viable desde el punto de vista técnico y ambiental, por permitir una forma de disposición ambientalmente correcta de dichos residuos.

INTRODUCCIÓN

El Residuo de Construcción y Demolición (RCD) por sus siglas en inglés construction and demolition waste (CDW), es uno de los principales residuos generados en el mundo que afecta negativamente la preservación y conservación del medio ambiente. El RCD es subproducto de actividades de construcción, demolición y reformas de obras civiles, el cual es compuesto principalmente por residuos de concreto, ladrillos, MDea, cerámica, yeso, vidrio, plásticos, suelos de excavación, entre otros (Arabani et al, 2012) (Afshar et al. 2017). Según Jin et al. (2017), el RCD representa aproximadamente 40% del total de residuos urbanos en China continental, el 26% del total de residuos sólidos en los EE. UU. y el 34% de todos los residuos industriales e países de Europa. En el Reino Unido y Australia, el RCD constituye aproximadamente el 50% y el 44% de la generación de residuos sólidos, respectivamente (Rodrigues et al. 2013). De acuerdo con (EU,

2019), es posible evidenciar que países de Europa en 2016 se generó una cantidad aproximada de RCD de 332 millones de toneladas, indicando que Alemania es el mayor productor de RCA con una cantidad aproximada de 86.4 millones de toneladas, seguidamente el Reino Unido, Francia, Italia e Países Bajos con generaciones de aproximadamente 63.5, 60.2, 34.9 y 19.3 millones de toneladas respectivamente. Ante este escenario, la directiva europea sobre residuos 851 (2018) establece que los residuos se valoren como recursos, a fin de promover la gestión sostenible de materias y contribuir a proteger, preservar y mejorar la calidad del medio ambiente y consecuentemente la protección de la salud humana y animal. Para tal fin, es indispensable una adecuada gestión sostenible de las materias, promoviendo la reutilización y reciclaje de materiales, con el fin de generar una economía circular.

Ante el panorama de la generación de los RCD, diversos estudios técnicos han sido realizados con el objetivo de reutilizar y reciclar como materiales de construcción, principalmente en obras de infraestructura vial (Chen et al., 2018) (Neto et al., 2019). Para el caso colombiano, Silva et al., (2016) reportan que las principales ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Pereira y Armenia generan más de 100,000 toneladas de RCD por día. Los estudios encontrados en la literatura buscan establecer diversas aplicaciones de los RCD en los materiales convencionales de construcción de forma eficiente y ambientalmente adecuada.

Los agregados RCA se producen principalmente por la demolición de elementos de estructuras de concreto, resultantes de actividades de construcción, demolición y reparaciones de obras civiles (Tam, 2009). La falta de gerenciamiento de los RCA produce problemáticas ambientales, reduciendo la vida útil de los rellenos sanitarios y lugares de disposición final, así como también contaminación de fuentes hídricas y cambios del uso del suelo, entre otros. Sin embargo, los RCA pueden presentar un alto potencial de aprovechamiento como agregados alternativos por su alto valor de los recursos (EU, 2018). De esta forma, la utilización de los RCA en la construcción civil contribuye a la preservación y conservación del medio ambiente, en términos de reducción de la explotación de agregados pétreos naturales, minimización de los pasivos ambientales, limpieza y reducción de terrenos abandonados y posiblemente un crecimiento económico por la incorporación de materiales alternativos en actividades constructivas (Rafi, et al, 2011). Las incorporaciones del RCA en los materiales de construcción pueden ser forma parcial o de forma total. La definición del porcentaje sustitución de RCA en los agregados convencionales en los materiales de construcción, depende de las interacciones físico-químicas con otros materiales convencionales.

Según la literatura consultada, la incorporación de agregados RCA en mezclas asfálticas densas es viable desde el punto de vista técnico y ambiental por permitir una forma de disposición final y ambientalmente segura. Sin embargo, debida la heterogeneidad del material RCA por su origen y fuente se presentan estudios con conclusiones contrarias y conflictivas sobre la aplicación del material alternativo en mezclas asfálticas (Muniz, et al, 2019). Por lo tanto, para la aplicación del RCA en mezclas asfálticas, es necesario realizar una correcta campaña experimental para evaluar las características del desempeño mecánico, que en algunos casos puede limitar la aplicación a pavimentos de vías de bajo volumen de tránsito.



■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La generación de residuos sólidos es considerada una problemática a nivel mundial que afecta negativamente al medio ambiente. A pesar que el reciclaje de los residuos de construcción y demolición en países desarrollados es común, en Colombia los estudios e investigaciones de aplicaciones con agregados reciclados han sido escasos, a pesar de que las especificaciones Distritales para la construcción de pavimentos contemplan su utilización. Por otra parte, el fenómeno del acuaplaneo de los pavimentos afecta negativamente la seguridad vial. Ante este escenario, el presente trabajo evaluó la aplicación de agregados reciclados de concretos para capas de pavimentos drenantes.

■ OBJETIVOS

Este documento estudia la viabilidad técnica del uso de RCA en mezclas asfálticas drenantes, con el fin de encontrar una disposición final segura para estos productos del concreto y contribuir a la preservación y conservación del medio ambiente. Este documento podría considerarse una técnica innovadora, ya que no se han estudiado la sustitución total de agregados convencionales por RCA en mezclas asfálticas drenantes con asfalto caucho, en la forma en que se propone aquí.

■ METODOLOGÍA

Materiales utilizados en la Investigación: Para la realización de la investigación se fabricaron mezclas asfálticas drenantes (MD) utilizando agregados pétreos convencionales y alternativos. Los agregados convencionales son provenientes de la empresa Concretoscol de la ciudad de Bogotá. Los agregados alternativos son el resultado del proceso de recolección y trituración de la empresa Reciclados Industriales en la ciudad de Bogotá. Por otra parte, se utilizó cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de la empresa Inco-asfaltos. El cemento asfáltico cumple con los requisitos de calidad exigidos para la fabricación de mezclas asfálticas drenantes (MD) según la especificación del Instituto Nacional de Vías - INVIAS 2013.

Metodología experimental: La metodología del trabajo se dividió en tres grandes etapas, referentes a: (I) Caracterización de los agregados, (II) Diseño de dos mezclas asfálticas drenantes con el 100% de agregados pétreos convencionales y 100% de agregados alternativos reciclados de concreto, (III) Evaluación de la resistencia a la tracción indirecta de las mezclas asfálticas drenantes. La Figura 1 presenta la realización de algunos ensayos anteriormente descritos en el laboratorio.

- En la primera etapa fueron realizados ensayos de caracterización de los agregados convencionales AC y de agregados alternativos RCA según los lineamientos del INVIAS 2013, tales como: desgaste en la máquina de los Ángeles, durabilidad del material ante el ataque de los sulfatos de sodio, contenido de materia orgánica, forma de las partículas (Índice de alargamiento, aplanamiento y caras fracturadas), equivalente de arena,

determinación de las gravedades específicas sobre la fracción gruesa, fina y el llenante mineral.

- La segunda etapa considera el diseño de dos mezclas asfáltica drenantes drenantes (mezcla de control con AC y mezcla con agregados alternativos RCA). Para tal fin, se modificó la granulometría original de los agregados, tomando como referencia los valores promedio en porcentajes de la franja granulométrica que exige la especificación (Artículo 453-2013) para la elaboración de las MD. Inicialmente fueron fabricadas 24 briquetas Marshall correspondientes a las dos mezclas. Con las 24 briquetas fueron realizadas pruebas para la caracterización físico-mecánica, tales como: permeabilidad, volumen de aire y desgaste a la abrasión cántabro (seco/húmedo). Con base en los resultados obtenidos en esta fase se escogió el porcentaje óptimo de asfalto a utilizar por tipo de mezcla (control con AC y alternativa con RCA) para la ejecución de la fase posterior.
- En la tercera etapa se fabricaron un total de 24 briquetas Marshall, de las cuales, 6 empleando el contenido de asfalto 4.5% en la mezcla de control con AC y 18 empleando contenidos de asfalto 4.5, 5.0 y 5.0% en las mezclas de estudio con RCA, con el fin de medir la resistencia a tracción indirecta por compresión diametral a temperaturas en condiciones secas y saturadas.

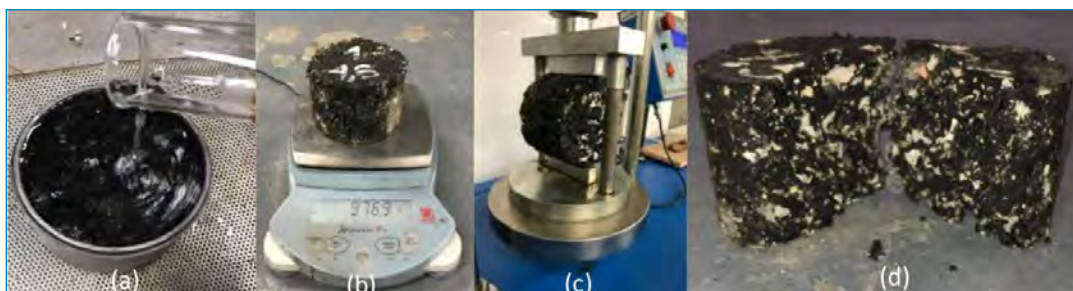


Figura 1. Realización de ensayos de laboratorio en la fase experimental: (a) prueba de permeabilidad; (b) determinación de la masa seca para los parámetros volumétricos; (c) Ejecución del ensayo de Tracción Indirecta; (d) briqueta con material alternativo después del ensayo a tracción. Fuente: Autores.

■ RESULTADOS

Como resultados se obtuvo la caracterización física de los agregados convencionales y alternativos, los cuales cumplen con las especificaciones del INVIAS 2013 para la fabricación de mezclas asfálticas drenantes, a excepción del ensayo de solidez. Por otra parte, la Figura 2 presenta la evolución de la resistencia a la tracción y el desgaste cántabro determinados a 25 y 60 °C para las mezclas asfálticas drenantes con AC y RCA respectivamente. A partir de los resultados de tracción indirecta, es posible evidenciar que el contenido de asfalto de 5% en la mezcla con agregados reciclados presenta un comportamiento similar a la mezcla de control con agregados convencionales. Sin embargo, se presenta aumento del desgaste a la abrasión. El aumento del contenido de asfalto puede ser atribuido a la elevada absorción de asfalto del agregado RCA, lo cual fue evidenciado en el ensayo de absorción.

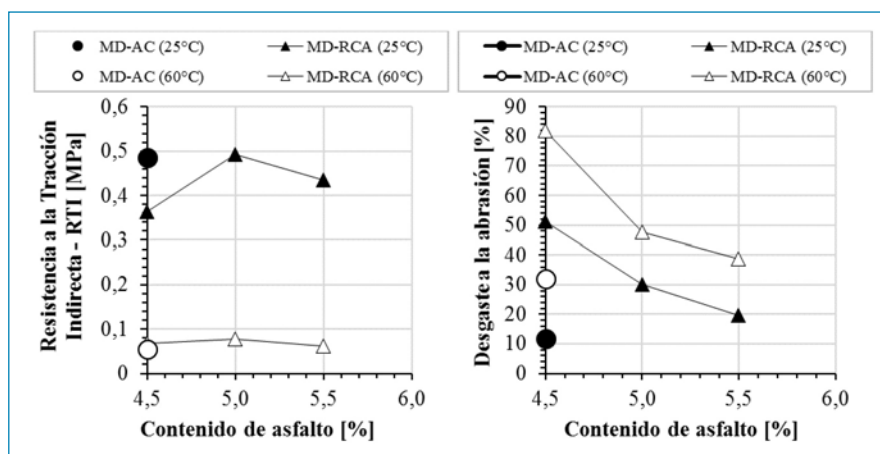


Figura 2. Evolución de la resistencia a la tracción a 25 y 60 °C con el contenido de asfalto. Fuente: Autores.

CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación de la investigación corresponde a materiales para la construcción de pavimentos viales.

CONCLUSIONES

Por medio de la evaluación del objeto de estudio es posible concluir que:

- De forma general, la aplicación del agregado reciclado de concreto RCA al ser sometido al proceso de trituración previa cumple con los requisitos mínimos para la fabricación de mezclas asfálticas drenantes, excepto el desgaste por la acción del sulfato de sodio y el desgaste en la máquina de los ángeles. Sin embargo, tratamientos adicionales pueden ser realizados sobre el RCA con el objetivo de minimizar el desgaste a la abrasión y a la acción química.
- La aplicación del agregado reciclado de concreto RCA en mezclas asfálticas drenantes de la forma propuesta puede considerarse viable desde el punto de vista técnico y ambiental, por presentar similitud en el comportamiento físico-mecánico del material convencional y permitir una alternativa de disposición final segura y ambientalmente correcta.

BIBLIOGRAFÍA

- Afshar, Tabassom, Mahdi M. Disfani, Arul Arulrajah, Guillermo A. Narsilio, and Sacha Emam. 2017. "Impact of Particle Shape on Breakage of Recycled Construction and Demolition Aggregates." *Powder Technology* 308: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.11.043>.
- Arabani, M., and A. R. Azarhoosh. 2012. "The Effect of Recycled Concrete Aggregate and Steel Slag on the Dynamic Properties of Asphalt Mixtures." *Construction and Building Materials* 35: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.036>.

- Jin, Ruoyu, Bo Li, Tongyu Zhou, Dariusz Wanatowski, and Poorang Piroozfar. 2017. "An Empirical Study of Perceptions towards Construction and Demolition Waste Recycling and Reuse in China." *Resources, Conservation and Recycling* 126 (April): 86–98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.034>.
- Muniz de Farias, Márcio, Ferney Quiñonez-Sinisterra, and Hugo Alexander Rondón-Quintana. 2018. "Behavior of a Hot-Mix Asphalt Made With Recycled Concrete Aggregate and Crumb Rubber." *Canadian Journal of Civil Engineering* 70: 1–39. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0443>.
- Rodrigues, Fernando, Maria Teresa Carvalho, Luís Evangelista, and Jorge De Brito. 2013. "Physical-Chemical and Mineralogical Characterization of Fine Aggregates from Construction and Demolition Waste Recycling Plants." *Journal of Cleaner Production* 52: 438–45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.023>.
- EU. 2019. "EU 2019." <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.
- INVIAS. 2013. "Instituto Nacional de Vías - INVIAS. Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras. Bogotá D.C., Colombia."



SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE ALERTA TEMPRANA DEL DESBORDAMIENTO DE UN RIO (SIALTERI)

Jhonatan Steven Dorado Melo

Universidad Piloto de Colombia

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: con este proyecto se logro digitalizar el proceso de recolección de datos de los afluentes, dando una mejora a este proceso ya que las personas encargadas del control de estos datos, podrán obtenerlos de una forma más eficaz y rápida y dando la oportunidad a las personas que tienen sus viviendas en los alrededores de estar enterados del estado en que se encuentra el afluente.

RESUMEN

Las condiciones de los afluentes hídricos en Colombia han cambiado durante la última década, debido a la deforestación en los puntos por donde pasan las vertientes causando las inundaciones, que se convierten en un peligro para las personas que tienen viviendas en estas zonas. "En Colombia existen cinco áreas hidrográficas asociadas a las principales vertientes del país: Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Pacífico y Amazonia cuales contienen 40 zonas hidrográficas y en estas a su vez identifican 316 sub zonas hidrográficas" (IDIGER, 2018) .El 12% del territorio nacional pertenece a zonas inundables periódicamente, con un promedio de 597,7 eventos por año "tales desastres dejaron 21,033 víctimas fatales, 5,064 heridos, 24,727 desaparecidos, 6,753,189 damnificados y 34,731 edificaciones destruidas

INTRODUCCIÓN

A lo largo de años el desbordamiento de los ríos ha causado muchos desastres ocasionando muertes o perdidas de las propiedades a las personas que tienen sus viviendas cerca de los ríos, ya que no existe una forma donde se pueden obtener la información sobre el trayecto de un río, que refleje los datos actuales para así poder estar al pendiente de sus cambios y tener una respuesta efectiva para este problema que afecta a millones de personas cada año.

Teniendo los datos respectivos sobre el trayecto de un río se puede hacer planes de contingencia y tomar la mejor decisión acerca de poder ayudar a las ayudar personas que viven en los alrededores dando un aviso de emergencia para que las personas estén preparadas o una evacuación total de la zona que se va a ver afectada por el desbocamiento del río y así obtener la menor perdida posible en estas circunstancias.

En el presente proyecto se podrán visualizar los diferentes factores que intervienen en un río y con los cuales poder tener una respuesta rápida como lo son la profundidad, turbidez, temperatura, caudal además de poder ver las gráficas de cada uno de estas variables.

En los últimos 30 años en Colombia se han presentado más de 8000 casos de inundación según (E., 2016), por consiguiente, con este proyecto se pretende ayudar a las personas que se encuentran en riesgo de inundación, por medio de la implementación de las tics y herramientas de bajo costo con las cuales poder prevenir y alertar sobre las condiciones de los ríos, se puede aumentar la probabilidad de elaborar medidas de contingencia apoyadas por los datos recolectados por el sistema de información móvil, obteniendo como resultado una alerta temprana para las personas que viven en las cercanías de los ríos.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar un sistema de alerta temprana de bajo costo para monitorear el desbordamiento de los afluentes hidrográficos como ríos y quebradas, de igual forma cambios bruscos de temperatura, alteraciones en el caudal y el grado de turbidez

Objetivos Específicos:

- Utilizar sensores para obtener información sobre las condiciones de los ríos que presentan riesgo de inundación.
- Establecer reportes con la finalidad de Visualizar gráficas y ver registros históricos obtenidas por la aplicación móvil
- Desarrollar un sistema de alerta temprana mediante una aplicación móvil cuando las condiciones del río sean un riesgo inminente.

■ METODOLOGÍA

Para seleccionar el tipo de investigación que se va a implementar se debe saber que resultados se desean obtener, en este proyecto se va a utilizar método descriptivo utilizado para el estudio y recolección de los datos que se obtienen de los afluentes, ya que estos no serán alterados en ningún momento. También se utilizará el método explicativo ya que esta da a conocer por medio de reportes, gráficas y alertas lo que sucede con esta fuente hídrica que podrán ser visualizadas por medio de la aplicación móvil.



RESULTADOS

The screenshot shows a web browser displaying a login page with a background image of a house in the rain. The login form includes fields for 'Usuario' and 'Contraseña', a '¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡' button, and a 'Registrate' link. Below the form, it asks '¿Olvidaste tu Contraseña?' and provides a 'Registrate' link. The right side of the image shows the Chrome DevTools Network tab, displaying a list of network requests. The table below is a transcription of the visible network requests:

Name	Status	Type	Initiator	Size	Time	Waterfall
promise.js	200	script	cordova.js:1859	(disk cac...)	77 ms	
screenorientation.js	200	script	cordova.js:1859	(disk cac...)	76 ms	
login.png	200	png	3.js:119	(disk cac...)	573 ms	
busuario.png	200	png	3.js:119	(disk cac...)	13 ms	
bcontrasena.png	200	png	3.js:119	(disk cac...)	11 ms	
tipoidentificacion	200	xhr	polyfills.js:3	437 B	127 ms	
favicon.ico	200	x-icon	Other	(disk cac...)	5 ms	
common.js	200	script	js?v=3&key=Alt...	(disk cac...)	10 ms	
util.js	200	script	js?v=3&key=Alt...	(disk cac...)	11 ms	
AuthenticationService.Authenticat...	200	script	common.js:23	143 B	153 ms	

CAMPO DE APLICACIÓN

Este proyecto puede ser atizado para medir las diferentes variables que afectan a un afluente como la temperatura, turbidez, caudal y profundidad alertando de su posible desembocamiento.

El campo de la piscicultura también sería muy efectivo, ya que los peces deben ser criados a cierta temperatura, la cual puede ser medida a través de los sensores del dispositivo

CONCLUSIONES

El desarrollo del hardware de recolección de datos está conformado por el Módulo GSM/GPRS SIM900 Shield, el cual permite enviar los datos al servidor a través de un sim card, un arduino uno al cual están conectados los sensores y es el encargado de recibir los datos que estos recolectan, el sensor DTH11 que cumple la función de medir la temperatura, un sensor de Flujo YF-S201 el cual medirá el caudal del tramo del río.

A través de la aplicación se puede visualizar el comportamiento del río en tiempo real, además posee un sistema de alerta temprana el cual se activa cuando la actividad del afluente presente un riesgo para las personas que residen en la zona.

■ BIBLIOGRAFÍA

E., J. D. (04 de 05 de 2016). EL TIEMPO. Obtenido de EL TIEMPO: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16582708>

DIGER. (27 de 11 de 2018). IDIGER. Obtenido de IDIGER: <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>



TRATAMIENTO DE IMÁGENES PARA LA CLASIFICACIÓN DE CAFÉ SEGÚN SU ESTADO DE MADURACIÓN Y DETECCIÓN DE LA BROCA TOMADAS POR MEDIO DE UN DRON

José Ramón Iglesias Gamarra, Enzo Yair Morales Sierra, José Carlos Pulido Rosado
Universidad Popular del Cesar, Semillero TRIAC

Temática: Agroindustria

Justificación de temática: Se presenta este proyecto teniendo en cuenta el perfil agropecuario del Cesar el cual sigue siendo atractivo para inversionistas internacionales que están llegando para analizar la posibilidad de establecer agro negocios en la región, contando con la apertura que ha hecho la Gobernación del Departamento. Se busca reducir las pérdidas económicas en la producción de café, en las principales zonas productoras de Santander y en especial Pueblo Bello (Cesar). Los resultados obtenidos en el proyecto permitirán extrapolar las estrategias modificadas a otras zonas productoras con condiciones similares en las que se desarrollará el proyecto.

RESUMEN

Analizar, identificar y clasificar granos de café infectados con broca es una tarea que los caficultores pequeños realizan manualmente. Este implica tiempo y costos. Este proyecto de investigación a desarrollar con el semillero TRIAC por estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Popular del Cesar, busca agilizar, ahorrar costos y reducir el margen de error en el proceso de selección del grano.

En este procedimiento se tarda entre una hora y hora y media, inspeccionar detalladamente la cosecha que se ha recolectado. “La revisión grano por grano, si una parte de la cosecha está infectada con broca no la aceptan”.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el procesado del café se sigue realizando manualmente, a pesar del extenuante trabajo que esto representa. El proceso consta principalmente de cinco etapas: recolección, selección, lavado, despulpado y secado. El alcance de esta investigación se concentra en la etapa de selección, la cual consiste en determinar si los frutos de café son adecuados para la producción. Para esto, los caficultores tienen que analizar si los frutos del café están en un estado adecuado de maduración. Además, tienen que buscar la presencia de la broca, una plaga que afecta gravemente a estos cultivos.

Hay diferentes sistemas para la clasificación del café, que a su vez sirven para la remoción de café afectado por la broca. Dentro de estos sistemas se destaca el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS), capaz de separar material liviano e impurezas pesadas y duras del café en cereza por densidad. Otro sistema que realiza un trabajo muy similar al SHTTS es el tanque sifón, pero con mayor consumo específico de agua. Adicionalmente, existen los sistemas para la clasificación por densidad del café lavado, como son el canal de correteo, el canal semisumergido, el hidrociclón, entre otros, en los cuales se separan fácilmente granos de café afectados severamente por la broca. No obstante, los granos de café mediana y ligeramente afectados por la broca, daño conocido como punto de broca, son difíciles de remover, dado que la densidad de ellos es muy similar a la de los granos sanos.

La implementación de visión por computador permite optimizar procesos de selección, como seleccionar frutos de café cereza por color, la cual clasifica los frutos de café en cinco estados de maduración.

El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de visión artificial, como método alternativo a los tradicionales, capaz de seleccionar los frutos de café, basado en los criterios usados por los caficultores, el estado de maduración y la presencia de la broca.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La producción de café se ha visto afectada recientemente por algunas plagas y enfermedades que han afectado sensiblemente los rendimientos y calidad del grano, destacándose la plaga conocida como la Broca del café (*Hypothenemus hampei*), la cual se ha visto favorecida por las variaciones en las condiciones climáticas, principalmente, por humedad relativa alta e incremento de las precipitaciones, aunado a las deficiencias en el manejo agronómico del cultivo.

Las especies perennes como el café presentan ciclos anuales regidos por la estacionalidad de los factores climáticos, factores astronómicos y factores biológicos, como lo son las relaciones entre las plantas y animales.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollo de dos algoritmos de procesamiento de imágenes para la identificación del café idóneo para producción, uno de acuerdo al color de este (estado de maduración) y otro para detectar la plaga de la broca.

Objetivos Específicos:

- Identificar los defectos en el café verde y escoger los relevantes para hacer el procesamiento de imágenes.
- Evaluar distintos algoritmos que sean apropiados para la detección de defectos en café verde.



- Diseñar un algoritmo para el procesamiento de imágenes que a partir de parámetros de forma, color y picadura de broca discrimine la calidad del café.

■ METODOLOGÍA

La investigación se está desarrollando en las instalaciones del Laboratorio de Procesamiento de Señales y Visión Artificial del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Popular del Cesar. La metodología de investigación se está realizando en tres fases:

- 1) Adquisición de las imágenes,
- 2) Caracterización y análisis de los defectos causados por la broca del café, y
- 3) Desarrollo de los algoritmos de segmentación e identificación.

El diseño de este sistema de Tratamiento de imágenes y visión artificial está basado en un estudio implementado de tipo descriptivo debido a su gran énfasis en el análisis de las características fundamentales de los frutos de café. Las actividades propuestas en el proyecto se sitúan como Innovaciones incrementales, que buscan producir cambios en tecnologías ya existentes para mejorarlas, pero sin alterar sus características fundamentales, correspondiendo a mejoras en los procesos productivos existentes, mediante la implementación de metodologías de “Aprender haciendo” y “Aprender usando”.

Este proyecto es de Investigación aplicada y para el desarrollo de diferentes pruebas preliminares y para las comparaciones con los métodos planteados en el marco teórico utilizaremos Matlab. El método de segmentación propuesto consistirá en minimizar el contorno activo. Es necesario definir el modelo de contorno activo y cómo minimizarlo.

Para la obtención de resultados es necesario procesar las imágenes. El procesamiento de imagen aglutina toda o parte de las siguientes secuencias: enfatizado y mejora de la calidad de la imagen, extracción de características, segmentación, cuantificación y clasificación.

Esta Investigación tiene como propósito utilizar técnicas de visión artificial para identificar los granos de café afectados mediana y ligeramente por la broca del café. El algoritmo a desarrollar consiste en segmentar los granos de café tomados por las imágenes del dron e identificar las posibles perforaciones de broca y deterioro, recorriendo las imágenes con una máscara de dimensiones variables, para identificar las características de la afectación causada por el insecto. Hemos encontrado que con una máscara de 3x3 píxeles, en imágenes con una resolución aproximada de 33,5 píxeles/cm (ppcm), se pueden identificar los granos de café afectados por la broca con el menor costo computacional y una eficacia promedio de identificación superior al 90%, el cual es un buen criterio mínimo de aceptación. Para el algoritmo de segmentación se está utilizando el espacio de color YCbCr. Las componentes Cb y Cr representan componentes de crominancia azul y roja, respectivamente. Los granos de café poseen intensidades azules bajas, lo cual facilita la segmentación de éstos sobre un fondo o contraste de coloración azul.

Para la identificación de las perforaciones de la broca se desplaza una máscara cuadrada de NxN a través de la imagen, siendo N el tamaño de la matriz a desplazar. Cuando el promedio de todos los elementos de dicha máscara es inferior al umbral T, dicha región es clasificada como

un grano afectado por la broca. Ahora bien, a partir de un análisis de matriz de confusión, se calcula la eficacia de identificación según la ecuación:

$$E = \frac{N_{ss} + N_{bb}}{N}$$

Dónde: E = Eficacia N_{ss} = Número de granos sanos identificados como sanos N_{bb} = Número de granos brocados identificados como brocados N = Número total de granos analizados.

El objetivo de adecuar la imagen es disminuir el ruido presente en la imagen y realzar las características de interés como los bordes. Para lograr esto utilizamos filtros suavizantes para disminuir el ruido generado por diferentes factores, como por ejemplo la no uniformidad del color de los granos de café por el proceso de maduración y para poder hacer esto utilizamos también filtros realzantes con los cuales mejoramos las características de interés específicamente los bordes de los granos del café.

Los análisis los estamos realizando con la herramienta computacional Matlab con licencia de la Universidad Popular del Cesar y sus librerías de Computer Vision y Deep Learning con estas herramientas hemos podido analizar otros aspectos morfológicos de los granos como el tamaño de los orificios donde la broca penetra los granos, coloraciones de las hendiduras y otras imperfecciones de los granos que tienen un alto potencial de diferenciación para su implementación en este algoritmo y así hemos podido determinar la consistencia del tamaño del orificio de la broca, a través de la desviación estándar del número de píxeles que representa esa perforación sobre los granos de café con broca.

■ RESULTADOS

El algoritmo de segmentación ha logrado hasta ahora identificar el 90% de los granos brocados y el 90% de los granos sanos. El umbral adaptativo Otsu, de bajo costo computacional, nos está permitiendo tener un algoritmo de segmentación robusto, con una incidencia baja ante los cambios de iluminación, efectos de sombras y reflejos de luz producidos por los diferentes factores que captura el dron en vuelo. A través de método de píxeles calibrados, vamos corroborando que en promedio el tamaño del daño de broca es de aproximadamente 1,13 mm de diámetro en las perforaciones de los granos, con una desviación estándar de 0,12 mm, lo cual nos muestra una alta consistencia en el tamaño de las perforaciones y facilita la implementación del algoritmo con un tamaño de máscara fija la cual puede recorrer la imagen buscando puntos con bajos niveles de intensidad.

Esto nos ha llevado a observar, que la máscara debe ajustarse al tamaño de la perforación en la imagen para obtener una alta eficacia, es decir, si se desea trabajar con imágenes de baja resolución se requiere un tamaño de máscara menor y viceversa.

La implementación de un algoritmo robusto de bordes y separación de regiones es de gran importancia para lograr una mejor segmentación. Estamos mejorando el proceso de adquisición de imágenes con el dron, haciendo énfasis en la iluminación especialmente en el recorrido en las zonas cafeteras de Pueblo Bello (Cesar) y San Gil (Santander).



■ CAMPO DE APLICACIÓN

La implementación de visión por computador podrá optimizar los procesos para evitar la llegada de la broca a los cultivos. En el mundo se estima que la broca causa pérdidas anuales de más de 500 millones de dólares según informe de la Federación Nacional de Cafeteros, debido al detrimento de calidad física y organoléptica del café, y su efecto directo en el precio de venta. Los frutos infestados presentes en el suelo o en el árbol causan aumento en las poblaciones del insecto, lo cual requiere establecer un manejo de la broca en el campo para mantener los niveles de infestación en valores controlables. Las tazas de café con altos porcentajes de granos dañados por insectos poseen un olor nauseabundo, acidez acre o nula, amargor muy fuerte, cuerpo pesado y sabores a contaminado o carbonoso que la hacen imbebible.

Los grupos objetivo del proyecto son los grupos organizados de productores de café, de las comunidades donde se ejecutaran las actividades, siendo estos los beneficiarios directos de los productos tecnológicos obtenidos; además de los productores no organizados, dueños de plantaciones en las regiones de influencia del proyecto, en las que se promoverá la declaración legal de Zonas piloto de Manejo Integrado de la Broca del Café (MIB), para garantizar la implementación masiva de los resultados del proyecto. Adicional, se consideran beneficiarios indirectos al resto de los productores de café de zonas fuera de la zona de influencia del proyecto, con condiciones similares.

■ CONCLUSIONES

La identificación de las relaciones entre las variaciones climáticas y el comportamiento de la plaga permitirá redefinir las estrategias de control, para mejorar su eficacia. Los resultados obtenidos en el proyecto permitirán extrapolar las estrategias modificadas a otras zonas productoras con condiciones similares en las que se desarrollará el proyecto. Se generará más información básica para el desarrollo de otros estudios más específicos relacionados a la Broca del café. Pero además puede concluir que la Visión artificial es una herramienta a utilizar en muchas etapas del proceso del café, como son: el pronóstico de cosecha, la cosecha mecanizada, el proceso de beneficio y la detección de enfermedades y plagas. Para mejorar los resultados obtenidos es necesario optimizar el algoritmo de detección de broca y mejorar la captura de las imágenes con el Dron. Se plantean estas soluciones debido a que algunos de los problemas que hemos tenido hasta ahora son las sombras las cuales se confunden como si fueran broca. Por lo tanto si mejoramos la captación de las imágenes y robustecemos el algoritmo, es posible que minimicemos los errores debido a las sombras.

■ BIBLIOGRAFÍA

José Ramón Iglesias, "Tratamiento de Señales: Conceptos básicos," 2018.[Online].Disponible: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dW5pY2VzYXluZWV1LmN-vfGpvc2Utdci1pZ2xlc2lhc3xneDo3ZWZkM2VjOWFiODYyNThi>

F.N. de Cafeteros de Colombia, "Defectos de café verde," 2010, rev.15-11-16. [Online].Disponible: <https://goo.gl/GA0SEB>

- café campo ambiente, "Imagen de café cereza," 2015, rev.14-11-16. [Online]. Disponible: <http://cafecampoambiente.blogspot.com.co/2015/01/cafecereza.html>
- C.O.B.D.S. de CV, "Imagen café despulpado," 2016, rev.14-11-16. [Online].Disponible: <http://www.cafeorganicobuyday.com/proceso.php>
- Arcila C. A. M. Informe Técnico Final. Investigación sobre los efectos del cambio climático en la distribución altitudinal de insectos plaga del café y sus enemigos naturales en la zona cafetera de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Octubre 2011.
- Camayo V.; G.C; Chaves C., B. Arcila P.; Jaramillo R. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná, Caldas, CENICAFE 54(1):54(1)35-49.2003.
- Ecos del Café La Broca del Fruto del Cafeto Cómo preparar trampas para captura de brocas Manejo Integrado Ilustrado. <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id68.htm>,
- Fournier O Luis A; M. E. Herrera de Fournier. Una década de observaciones fenológicas en café (*Coffea arabica* L.) en Ciudad Colón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 31 (2): 307-310, 1983. FTG/RF-14843-RG
- Hypothenemus hampei, http://es.wikipedia.org/wiki/Hypothenemus_hampei
- Läderach, Peter; J. Haggard; C.Lau; A. Eitzinger; O. Ovalle; M. Baca; A. Jarvis; M. Lundy. Café mesoamericano: Desarrollo de una estrategia de adaptación al cambio climático. CIAT Políticas en Síntesis No. 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, febrero, 2013.
- Rojas Barrantes M. La Broca del café en Costa Rica 10 años de manejo integrado, Unidad de Investigación, ICAFE.
- Villers Lourdes; et al. Impactos del cambio climático en la Floración y Desarrollo del Fruto de café en Veracruz, México. Interciencia (versión impresa ISSN 0378-1844) INCI v.34 n.5, Caracas, mayo 2009. (http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-8442009000500006&script=sci_arttext).



AGRICULTURA DE PRECISIÓN POR MEDIO DE DRONES

Lina Alejandra Plazas Pirabán², Alison Gissell Ruiz Ruiz³

Universidad Santo Tomás, Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica

Temática: Agroindustria

Justificación de temática: Actualmente la agricultura representa un ingreso en el PIB de alrededor del 4.9% según el Ministerio de agricultura colombiano. Sin embargo, actualmente se sigue empleando mano de obra como método de fumigación, desgastando la salud de los agricultores. *Agricultura de precisión por medio de drones* es un proyecto de Ingeniería enfocado en optimizar un proceso no industrializado en la mayoría del territorio colombiano en la producción de alimentos, específicamente en el proceso de fumigación de cultivos. Se propone un sistema donde un dron realiza la fumigación en los lugares requeridos al evaluar el estado de las plantas con una cámara multiespectral.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la elaboración de un sistema de agricultura de precisión en el que un dron está en la capacidad de recorrer el área del cultivo y evaluar el estado de las plantas por medio de un mapeo realizado con una cámara multiespectral, informando en qué áreas específicas del cultivo se hace necesario fumigar, evitando el desperdicio del veneno y protegiendo la salud del agricultor colombiano. Se aborda el problema en dos etapas: Recorrido automático del dron y análisis de imágenes capturadas por la cámara NIR (Infrarrojo cercano), actualmente esta segunda etapa del proyecto continúa en desarrollo.

INTRODUCCIÓN

Los drones corresponden a una tecnología relativamente nueva que puede ser empleada para múltiples tareas que abarcan vigilancia, entrega de paquetes, entretenimiento, entre otros. Para este proyecto se resalta la relevancia del cuidado de los cultivos y salud de los agricultores en Colombia, donde se ven expuestos a enfermedades de diversas índoles por el constante contacto con veneno al momento de fumigar sus cultivos. La agricultura de precisión da una solución factible a esta problemática al evitar que las personas tengan que realizar esta tarea, dando además una aplicación social a los drones. El dron llevaría a cabo la fumigación y optimizaría el manejo de los recursos al realizar la fumigación en las zonas afectadas por plagas únicamente, para esto se hace necesario la adquisición de información del estado de las plantas del cultivo en tiempo real por medio de una cámara multiespectral.

² linaplazas@usantotomas.edu.co

³ alisonruiz@usantotomas.edu.co

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la fumigación en cultivos colombianos se lleva a cabo de dos formas: Por medio de mano de obra, afectando la salud de los agricultores y generando un gran esfuerzo físico por parte ellos o por medio de aviones, donde se expone el cultivo en su totalidad al veneno y perecen animales que hacen parte del ecosistema y no le hacen daño al cultivo, como las abejas, por ejemplo, dañando el equilibrio natural del cultivo y de esta forma al medio ambiente. Además, se generan más costos a los agricultores al aplicar más producto fumigador del necesario.

■ OBJETIVOS

- Desarrollar un algoritmo que permita a un dron realizar un recorrido automático para la captura de imágenes por medio de una cámara NIR en un cultivo colombiano.
- Realizar la unión de las imágenes NIR obtenidas en un ortomosaico, con el fin de posteriormente analizarlas.
- Analizar las imágenes NIR obtenidas con el fin de determinar el estado de un cultivo.
- Realizar el recorrido del cultivo por segunda vez con un dron, donde se aplique producto fumigador en las áreas que se requieran.

■ METODOLOGÍA

Inicialmente se realiza un análisis del problema a nivel general y basado en eso se plantean las dos etapas que se muestran en la Figura 1.

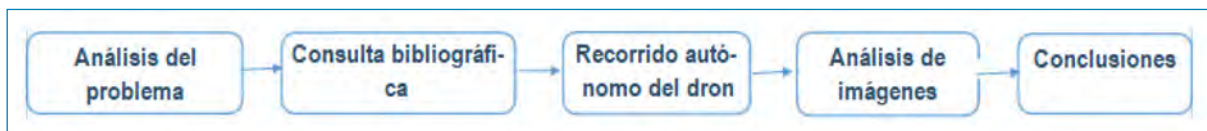


Figura 1. Metodología

En primer lugar, se realizó un análisis del problema a resolver, donde se encontró que, para realizar una correcta fumigación de cultivos, en primer lugar, era necesario que el dron realizará un recorrido automático, en el cual fuera tomando imágenes de todo el cultivo, para posteriormente analizarlas y detectar el nivel de estrés de la planta, para así tener una idea de en qué lugares es necesario fumigar.

Luego se realizó una consulta bibliográfica en diferentes bases de datos ofrecidas por la universidad Santo Tomás como IEEE, posteriormente se realizó un algoritmo en Python para el recorrido autónomo del dron y con ayuda del simulador mission planner se logró probar el software, seguidamente se realizaron pruebas reales las cuales fueron exitosas.



Actualmente el proyecto se encuentra en la etapa de análisis de imágenes donde se espera con ayuda del software MAPIR camera control, realizar un correcto análisis NDVI de un cultivo de cebolla en el municipio de Tota- Boyacá.

■ RESULTADOS

Se escribió el código del movimiento autónomo del dron en Python para recorrer un área previamente proporcionada por cuatro puntos de coordenadas geográficas, seguidamente realiza un barrido del área a una altura de 10 metros y velocidad estimada de 0.7 m/s, con un espaciado entre cada giro de aproximadamente 2.55 metros, espacio calculado por la capacidad horizontal de visión de la cámara, dando como resultado un recorrido evidenciado en la Figura 2.



Figura 2. Simulación de recorrido autónomo del dron

Este recorrido fue probado tanto en simulación como en campo y ambos tuvieron éxito.

Luego se emplea la cámara MAPIR SURVEY 3 RGN para capturar imágenes en visible roja, verde e infrarrojo cercano. Para el análisis de las imágenes se emplea el índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI, que estima la calidad de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético. Este índice se calcula por medio de las reflectancias de las distintas bandas.

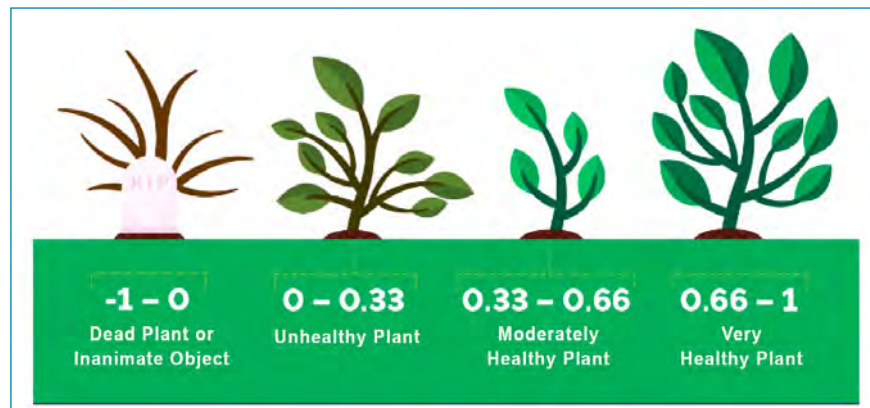


Figura 3. Nivel de estrés de la planta dado por análisis NDVI

Esta etapa del proyecto aún se encuentra en ejecución.

CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación del proyecto consiste en el área de la agricultura, específicamente en cultivos pequeños y medianos donde sus agricultores realicen la tarea de fumigación de forma manual. Para este proyecto, se desarrollarán pruebas en cultivos de cebolla y papa en el municipio de Tota- Boyacá

CONCLUSIONES

Los drones tienen hoy en día muchas aplicaciones que los hacen comerciales y atractivos para el entretenimiento, la mensajería o la seguridad, una aplicación social que se les puede dar corresponde a emplearlos en la agricultura de precisión, automatizando un proceso engorroso para los agricultores.

La salud de los agricultores y sus cultivos es primordial para la sociedad, realizar un sistema de fumigado autónomo por medio de un dron programado en Python permite un avance a la agroindustria colombiana.

Para el análisis de imágenes es necesario realizar un ortomosaico, permitiendo así una vista global del cultivo, además se implementa el índice NDVI para evaluar el estado de las plantas a través de las imágenes capturadas con la cámara multispectral.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de agricultura. Available: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-agro-fue-el-jalonador-de-la-econom%C3%ADa-durante-2017,-presentando-una-variaci%C3%B3n-en-el-PIB-de-4,9.aspx>.



- H. S. Abdullahi, F. Mahieddine and R. E. Sheriff, "Technology impact on agricultural productivity: A review of precision agriculture using unmanned aerial vehicles," in *International Conference on Wireless and Satellite Systems*, 2015.
- M. Reinecke and T. Prinsloo, "The influence of drone monitoring on crop health and harvest size," in *2017 1st International Conference on Next Generation Computing Applications (Next-Comp)*, 2017, . DOI: 10.1109/NEXTCOMP.2017.8016168.
- F. Veroustraete, "The rise of the drones in agriculture," *EC Agriculture*, vol. 2, (2), pp. 325-327, 2015.
- P. Tripicchio et al, "Towards smart farming and sustainable agriculture with drones," in *2015 International Conference on Intelligent Environments*, 2015, . DOI: 10.1109/IE.2015.29.



EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA Y SUBPRODUCTOS A PARTIR DE UN ESQUEMA BÁSICO DE BIOREFINERÍA CENTRADO EN CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA

Damian Alberto Cruz Castañeda, Layla Daniela Santamaria Ortiz, Ivan Orlando Cabeza, Mario Andres Hernandez

Universidad Santo Tomas Semillero biotecnología, energía y ambiente

Temática: Energía

Justificación de temática: A partir de biomasa residual generada en actividades del sector agropecuario, ganadero y urbano se puede dar un aprovechamiento para la generación de energía renovable, subproductos de valor agregado y el tratamiento de la porquinaza. Dado el potencial energético que presenta la biomasa residual, a través de cogestión anaerobia, se produce biogás con poder calorífico inferior con valor en la producción energética eléctrica y/o térmica.

RESUMEN

Por residuos generados en el sector agropecuario es posible la generación de energía bajo la co-digestión anaerobia. El presente estudio evaluó el aprovechamiento de tres residuos mucílago de café, mucílago de cacao y estiércol de cerdo, en donde se manejaron tres concentraciones de sustratos (8g/l, 16g/l y 32g/l) y relaciones S/X (0,5:1, 1:1, 1,5:1). La mayor tasa de generación fue en la concentración 8g/l con S/X de 0,5 con un valor de 494 mlCH₄/gCOD, representando un poder calorífico inferior de 15 MJ/m³, llegando a generar 4,16KWh. Como subproductos se identificaron principalmente nutrientes para producción de estruvita.

INTRODUCCIÓN

A partir de los residuos que son generados por las actividades del sector agropecuario y no tienen una adecuada disposición se puede dar un aprovechamiento para la generación de energía renovable, tratamiento de biomasa y subproductos en diferentes departamentos, debido al alto potencial energético que estos tienen, mediante la digestión anaerobia, en donde el combustible principal de estos sistemas son la materia orgánica (Corona et al., 2018)

El proceso de digestión anaerobia se lleva a cabo por medio de microorganismos anaerobios los cuales actúan en ausencia de oxígeno, con el fin de producir biogás. Adicionalmente, se generan subproductos que son utilizados en el sector industrial. Por otro lado se debe tener en cuenta que el aprovechamiento de estos residuos para la generación de biogás, y la implementación



de este, implicaría una disminución en la necesidad de utilizar fuentes fósiles (Mancillas-Salas et al., 2015).

El presente trabajo busca la evaluación del potencial energético que posee la mezcla de los residuos, los cuales son estiércol de cerdo, mucílago de café y mucílago de cacao. Se pretende la obtención de biogás a través del proceso de co-digestión anaerobia, ya que al implementar los tres sustratos en el mismo ensayo se produce sinergia en el proceso y mejora el crecimiento de los microorganismos (Corro et al., 2013), lo cual genera un aprovechamiento mayor de la materia orgánica que se encuentra en el sistema por medio de un reactor en régimen semicontinuo. Se controlan parámetros como; temperatura, pH, alcalinidad, AGVs, ORP, etc, además, se evalúa la composición propia del biogás determinando el poder calorífico con el fin de identificar el valor energético aprovechable, en adición, los posibles subproductos con valor económico generados al final de la co-digestión.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia se ha generado un aumento del sector agropecuario, teniendo en cuenta que el 38,6% del suelo es utilizado para esta actividad económica (Mejía et al., 2019), a raíz de las diferentes actividades se generan impactos ambientales. La cantidad de materia orgánica presente en los residuos plantea una afectación importante a cuerpos de agua y suelos por un manejo inadecuado. Esta biomasa, agrícola y pecuaria, posee un potencial energético que puede recuperarse en diferentes tipos: eléctrica, líquida, gaseosa o calorífica pero aun así se no se le da este aprovechamiento.

■ OBJETIVOS

Evaluar la obtención de energía y subproductos a partir de un esquema básico de biorefinería centrado en co-digestión anaerobia

■ METODOLOGÍA

El inóculo se obtuvo de la planta de aguas residuales de Alpina S.S en Sopó, Cundinamarca. Este se mantuvo a una temperatura de -4°C para asegurar las condiciones iniciales del lodo el cual fue utilizado para la implementación de la digestión anaerobia sin tratamiento previo. Los sustratos seleccionados para este estudio fueron estiércol de cerdo, mucílago de café y mucílago de cacao, los cuales fueron debidamente conservados a una temperatura de -4°C , bajo esta condición se limita la degradación microbiológica. La evaluación en cuanto a la generación de metano se realizó a partir de los sustratos anteriormente mencionados, se implementaron dos plantas piloto cada reactor tiene un volumen total de 6l y permitían el control de la temperatura, la cual se manejó en condición mesófila (35°C).

En los reactores se procedió a evaluar tres concentraciones seleccionadas, estas fueron 8g/l, 16g/l y 32g/l, con C/N de 25 y S/X de 1:1; posterior a esto se realizó un análisis de las concentraciones manejadas para así determinar la concentración óptima y a partir de la

concentración con el valor de la tasa de producción óptima realizar una variación en cuanto a la relación de sustrato inóculo de 0,5:1, 1:1 y 1.5:1 (Lü et al., 2012).

Diariamente se monitoreó la cantidad de biogás generado y la composición del mismo a partir del equipo BIOGAS 5000- Landtec y recolección del biogás en bolsas Tedlar. En cuanto a los demás parámetros fueron monitoreados cada 3 días, temperatura y pH se midió por medio del equipo Hanna edge pH meter, ácidos grasos volátiles (AGV), Alcalinidad (ATK) sólidos totales (TS) y sólidos volátiles (VS) se realizaron teniendo en cuenta las metodologías estándar, fósforo, nitrógeno amoniacal y DQO se realizaron por medio del fotómetro multiparámetro Hanna Hi. El análisis de macronutrientes y micronutrientes se realizó mediante absorción atómica en el equipo con condiciones de flujo de acuerdo al elemento que se estaba midiendo, teniendo en cuenta que el rango del flujo de gas combustible se manejó entre 2.0 y 2.8 l/min y el flujo de gas soporte se manejó en 15 l/min. En la evaluación de metabolitos se implementó el método de cuantificación por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

■ RESULTADOS

Los resultados mostraron una producción máxima de biogás de 58014,6 ml en 30 días para la concentración de 32 g/l con relación sustrato:inóculo de 1:1, en donde se generaron 16 l biogás/l solución para esta concentración. Así mismo, se puede realizar una comparación en cuanto a las tres relaciones de sustrato:inóculo, ya que se obtuvo mayor generación de biogás en la relación 0.5:1. En cuanto al metano obtenido se determinó una mayor tasa de generación para la concentración de 8g/l con S/X de 0,5 con un valor de 494 ml CH₄/gCO, mientras que la tasa de generación de 32g/l, que fue la concentración con mayor producción acumulada de biogás, fue de 242,3 mlCH₄/gCOD. Así mismo, se evidenció que se ve afectado por la relación sustrato: inóculo, en donde obtuvo en las tres relaciones evaluadas (0.5:1, 1:1 y 1.5:1) valores del 56,6%, 54,6% y 49,6% con respecto a la cantidad del biogás. A partir de esto, se observó que a mayor relación de sustrato inóculo menor será la generación de biogás ya que se cuenta con menor cantidad de microorganismos para la producción de este, lo cual indica un aumento en la inestabilidad del proceso por la acumulación de AGV's (Lü et al., 2012).

A partir de la información experimental, se estableció el poder calorífico a través del porcentaje de metano en el biogás producido para cada condición con registro diario. El análisis de los datos se abordó especificando dos etapas de interés en la producción: fase exponencial (Ex) y fase estacionaria / decadencia (Es). Este planteamiento fue con el fin de identificar en cuál de las condiciones y fases de producción el biogás presenta una mejor calidad energética. Se identifica que la fase estacionaria presenta un mayor poder calorífico, representando una mejor combustión. La condición de 16 g/l con un poder calorífico de 13.3 y 15.0 MJ/m³ para la zona exponencial (Ex) y la zona estacionaria (Es) respectivamente. Este poder calorífico generaría una potencia de 3.69 a 4.16 kWh, (Serrato & Lesmes, 2016).

El pH a lo largo del proceso presentó valores en un rango óptimo para la codigestión, ya que este se mantuvo alrededor de 7, lo cual se puede corroborar con respecto a la relación sé que obtuvo entre los parámetros de alcalinidad y AGV, en donde se dice que valores entre 0.1 y 0.4 son los apropiados para dicho proceso y así mismo quiere decir que tienen una gran relación buffer y da certeza que los ácidos grasos se encuentran en estado ionizado, lo cual impide que



el proceso se inhiba y se toxicidad al mismo (Díaz, & Molina 2002). el mayor porcentaje de remoción con respecto a las tres relaciones S/X manejadas, se presenta en una relación S/X 1:1 con un porcentaje del 83,4%. Por otro lado con respecto a las tres concentraciones manejadas, se obtuvo una remoción de 87,1% en la concentración de 16 g/l siendo esta la más alta lo cual es la remoción esperada de acuerdo a las condiciones de temperatura y pH que se manejaron (Lorenzo & Obaya, 2005).

Se identificaron subproductos con valor económico tanto para actividades agrícolas como industriales, resaltando metabolitos y nutrientes para su extracción. En cuanto a la presencia de metabolitos se identificó, ácido acético, propiónico, isobutírico, butírico y láctico, en donde el que mayor presencia tuvo fue el ácido propionico y ácido láctico, esto tiene relación con presencia de ácido láctico en el proceso debido a que los microorganismos como *Propionibacterium*, *Veillonella* y *Clostridium propionicum* utilizan este último como sustrato para producir el ácido propionico (Cué et al., 2008).

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Este presente proyecto se aplicará en el aprovechamiento de biomasa residual proveniente principalmente del casco urbano, el sector agrícola y ganadero, por medio de un esquema de biorefinería centrándose en la producción energética y obtención de subproductos, dando como resultado un efluente residual con baja concentración de carga orgánica.

■ CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que entre las cargas evaluadas la concentración que obtuvo los valores más óptimos fue la concentración de 8g/l con relación S/X de 0,5, teniendo en cuenta que la tasa de generación de esta fue 494 ml CH₄/gCOD, adicional a esto se demuestra que a menor relación S/X se obtendrán mejores resultado, tanto en cantidad de biogás como de cantidad de metano generado, debido a los microorganismos disponibles en el sistema, y así mismo un valor más alto en la relación S/X, genera complicaciones en las etapas de co-digestión, específicamente para la hidrólisis, de igual manera genera acumulación de AGV's acidificando el entorno. Adicional a esto se evidencia que el uso de estiércol de cerdo en el proceso como base genera un efecto buffer en el sistema y permite la estabilización del pH por sí solo, y al mismo tiempo demostrando la sinergia entre los tres sustratos entre el proceso de co-digestión anaerobia, lo cual permitió la generación de los microorganismos. Aunque no se establece una relación directa entre el potencial de óxido reducción y el pH, los dos parámetros indicaron condiciones estables para el crecimiento microbiano, asegurando el consumo de AGVs, sólidos y materia orgánica, rectificando tanto teóricamente como experimentalmente el rango óptimo comprendido entre -300 mV a -400 mV para el ORP. Se logró evaluar dos zonas esenciales en la producción del biogás la zona exponencial y la zona estacionaria, además de tener relación directa con la curva de crecimiento microbológica, se identificó que en la zona estacionaria presenta mayor poder calorífico con una composición promedio del 65% de CH₄, 33.5 de CO₂ y 0,4% de O₂ representando un poder calorífico inferior de 15 MJ/m³.

El aprovechamiento de la materia orgánica dentro de los residuos agroindustriales por medio de la digestión anaerobia, presentó resultados óptimos en cuanto eficiencia energética, además, se identificaron subproductos con valor económico tanto para actividades agrícolas como industriales, resaltando metabolitos y nutrientes para su extracción. En cuanto a la presencia de metabolitos se identificó, ácido acético, propiónico, isobutírico, butírico y láctico, en donde el que mayor presencia tuvo fue el ácido propiónico.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Corona, A., Parajuli, R., Ambye-Jensen, M., Hauschild, M. Z., & Birkved, M. (2018). *Environmental screening of potential biomass for green biorefinery conversion* doi://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.316
- Corro, G., Paniagua, L., Pal, U., Bañuelos, F., & Rosas, M. (2013). *Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions* doi://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.07.017
- Cué Brugueras, M., Díaz Alonso, G., Díaz Martínez, A. G., & Valdés Abreu, Manuela de la C. (2008). El artículo de revisión. *Revista Cubana de Salud Pública*, 34(4), 1-11. doi:10.1590/S0864-34662008000400011
- Díaz, M., Espitia, S & Molina, F.. (2002). *Digestión anaerobia, una aproximación a la tecnología*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia
- Lorenzo-Acosto, Y., & Obaya-Abreu, M, C.,(2005). *La digestión anaerobia, aspectos teóricos parte 1. instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA)*. revista@icidca.edu.cu. vol. XXXIX, núm. 1 pp. 35-48.
- Lü, F., Hao, L., Zhu, M., Shao, L., & He, P. (2012). *Initiating methanogenesis of vegetable waste at low inoculum-to-substrate ratio: Importance of spatial separation* doi://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.104
- Mancillas-Salas, S, Rodríguez, J, A., & Ríos-González, L., (2015). *Bioestimulación de la digestión anaerobia. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, No.4(No.8)
- Mejía, L., Cadena, X., Corrales, J., (2019). *Tendencia económica, Informe Mensual de FEDESARROLLO*. Bogotá: Fedesarrollo.
- Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*. Bogotá D.C.
- Serrato, C. C., & Lesmes, V. (2016). *Metodología para el cálculo de la energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca*. pg. 19-21, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, facultad de ingeniería eléctrica. Bogotá, Colombia.
- Villanueva-Mejía, D., & Universidad EAFIT. (2018). *Estudio sobre bioeconomía, como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de colombia fase | |*



GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE CHATBOT Y SU INTEGRACIÓN CON TECNOLOGÍAS EMERGENTES IOT – BLOCKCHAIN

William David Vásquez Parada

Universidad Sergio Arboleda ,Saal (Software As A Innovation)

Temática: Tecnologías 4.0

Justificación de temática: El trabajo desarrollado aplica conceptos para la automatización y/o industrialización del proceso de desarrollo de ChatBot, integrando conceptos base de inteligencia artificial; específicamente procesamiento de lenguaje natural. A su vez, busca integrar este nuevo canal de comunicación para gestionar información de dispositivos IoT y tecnología emergente como BlockChain elementos base dentro de las tecnologías 4.0.

RESUMEN

Términos como ChatBot, IoT, BlockChain son conceptos que se escuchan en los ambientes empresariales. Sin embargo, desarrollar pruebas de concepto funcionales que validan la utilidad de estas tecnologías son costosas en tiempo y dinero. El trabajo presenta una herramienta soportada en los lineamientos del desarrollo dirigido por modelos (MDA) para la generación automática de código de ChatBot a ser desplegados sobre Facebook. Se presentan tres casos tipo de ChatBot: Comercio electrónico, Certificación de Imágenes sobre una red BlockChain y Gestión de dispositivos IoT. El resultado final evidencia la mejorar de productividad hasta en un 70% en tiempo de desarrollo.

INTRODUCCIÓN

Los ChatBot son un serio competidor para los canales de atención tradicionales a sus clientes, estos han sido aplicados en diferentes sectores: comercio minorista (marketing digital, promoción de marcas, asistencia de productos, ventas y soporte a conversaciones), bancos, gobierno, salud, agroindustria, aspectos legales, IoT (Internet of Things), BlockChain, etc. [1]. Existen muchas herramientas que pueden ser usados para construir ChatBot sin tener que escribir una línea de código, tales como: Chatfuel, ManyChat, Dialogflow, entre otros. Sin embargo, se encuentran algunas limitaciones para adaptarlos a entornos organizacionales dado que se requiere realizar tareas de programación que requiere conocimientos técnicos.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar una herramienta soportada en los lineamientos del desarrollo dirigido por modelos y en los conceptos base de la metaprogramación para el modelamiento y la generación de ChatBot, que pueden ser integrados con sistemas organizacionales a través del uso y consumo de servicios REST disponibles. La Metaprogramación

es un paradigma de alto nivel que apunta en la construcción de programas de forma automática. El programador debe ser aliviado de todo lo repetitivo y de las operaciones conceptualmente redundantes para enfocarse en resolver problemas de dominio no resueltos [2].

El resultado final es un ChatBot que pueden ser desplegados en Facebook sin escribir código, obteniendo el back-end que contiene la lógica de negocio y un servicio web para acceder a dicha lógica. Adicionalmente, el webhook para realizar la integración con Facebook Messenger.

Las principales contribuciones son: Un metamodelo ECORE para la creación de ChatBot basado en reglas con soporte de técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural, extensible a procesos cognitivos, Reglas de transformación M2T para la generación de ChatBot sobre la plataforma de Mensajería de la Red social Facebook, Cartas de configuración de servicios que permite hacer la integración con servicios REST disponibles en la red y pruebas de concepto sobre IoT y Blockchain.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Un ChatBot es definido como un software que ejecuta tareas repetitivas y estructuradas con el fin de simplificar las interacciones entre los humanos y las máquinas. Existen herramientas que pueden ser usados para construir ChatBot sin tener que escribir una línea de código: Chatfuel, Dialogflow, entre otros [3]. Sin embargo, se encuentran algunas limitaciones para realizar la integración con servicios externos y eso sin pensar en tiempo de desarrollo, el costo, la extensibilidad, la escalabilidad y el manteniendo. Por ende, tener control sobre el código fuente se vuelve fundamental si se piensa en la construcción de ChatBot que va a evolucionar con el tiempo [4].

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Construir una herramienta soportada en los lineamientos del desarrollo dirigido por modelos y en los conceptos base de la meta programación para el modelamiento y la generación de ChatBot, que pueden ser integrados con sistemas organizacionales a través del uso y consumo de servicios REST disponibles.

Objetivos Específicos:

- Generar automáticamente código para un ChatBot con capacidad de integrar capacidades de procesamiento de lenguaje natural, respuestas estáticas y dinámicas basado en reglas, conexiones a Api REST y su integración a Facebook-Messenger a partir de un lenguaje de programación gráfico.
- Desarrollar un ChatBot basado en la herramienta de generación de código construida que permita a los usuario solicitar información del estado de dispositivos IoT (RaspBerry Pi, Sense Hat) permitiendo enviar alertas basado en los datos recopilados.



- Desarrollar un ChatBot basado en la herramienta de generación de código construida con la posibilidad de certificar imágenes cargadas a través de Facebook Messenger usando una red BlockChain basado en Ethereum.

■ METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló bajo los principios del marco de trabajo SCRUM, marco de trabajo para desarrollo ágil de software, con tres Sprint a saber:

1. **Generación de Herramienta de modelamiento:** Basado en ejemplos de chatbots desarrollados y usando el Paradigma del desarrollo dirigido por modelos (MDD) se define un Metamodelo especificado en ECORE, entendiéndolo como una especificación o descripción de un sistema desde un determinado punto de vista, expresado en un lenguaje bien definido y con un propósito determinado.

Este Metamodelo ofrece un nivel de abstracción adecuado pues permite especificar el modelo del ChatBot que soporten las operaciones de una organización.

Posterior a la definición del metamodelo en Ecore, se procedió a utilizar los plugin provistos por EMF (Eclipse Modeling Framework) para la generación de una aplicación RCP (Rich Client Platform).

2. **Transformación M2T(Model to Text):** Definida la aplicación RCP se configuró el proyecto con el fin de integrar el proceso de transformación M2T (Model to Text) utilizando el lenguaje XTEND [5] para la generación automática de código.
3. **Expansión del metamodelo y generación de pruebas de concepto con tecnologías emergentes IoT, BlockChain.**

■ RESULTADOS

El resultado final es una herramienta que permite la generación automática de Chatbots con despliegue en Facebook-Messenger sin requerir tareas de codificación. Los casos de ejemplo obtenidos son:

1. ChatBots para la venta de productos en ambientes de comercio electrónico.
Llamado Mecato chat, simula una venta de comida rápida, dándole al usuario la oportunidad de pedir un domicilio a su gusto, el usuario puede escoger el producto que desea y agregarle los ingredientes que desea, el chatbot le permite escoger entre diferentes tiendas que ofrecen el producto con las especificaciones anteriormente descritas. Finalmente, el chatbot muestra el resumen del pedido y solicita confirmación para así pasar el pedido a un estado de gestionado. Actualmente está abierto al público. (<https://www.facebook.com/Mecato-chat-454358118421164>)
2. ChatBot con la capacidad de gestionar dispositivos IoT representados por tarjetas RaspBerry PI con Sense Hat integrados, permitiendo la consulta de información de: temperatura, humedad, giroscopio, acelerómetro, entre otros y envío de alarmas a partir de la información

recolectada. El chatbot gestiona la cantidad del raspberry pi conectadas al sistema, puede consultar el estado de los sensores de cada raspberry pi, además de enviarle información a cada una de estas.

3. ChatBot con la capacidad de certificar fotos basado en su contenido sobre una red Blockchain implementada sobre la plataforma Ethereum.

El chatbot se conecta a una red blockchain por medio de servicios REST, permitiendo acceso a los contratos inteligentes, gestiona la certificación de una imagen y consultas de a través de hash o de una imagen.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

Empresas con la necesidad de atender gran volumen de clientes, los chatbots pueden estar disponibles 24/7, además de automatizar y facilitar las interacciones de sus usuarios o empleados, la construcción rápida de un asistente virtual le dará una visión de lo que se puede llegar a crear y los beneficios que trae su implementación.

IoT, interacción con sistemas conectados a internet para control remoto por medio de asistentes virtuales(chatbots).

La combinación de de sistemas descentralizados (Blockchain) y chatbots hace que el acceso a este tipo de sistemas sea mucho más fácil y sin complicaciones.

■ CONCLUSIONES

Se tiene una herramienta en la cual los procesos de codificación de ChatBot son realizados automáticamente dado el metamodelo Planteado evidenciando una mayor eficiencia en el proceso tecnológico optimizando tiempos en el desarrollo del modelo de negocio. Actualmente, se trabaja en la integración de procesos cognitivos.

El metamodelo planteado para la generación de ChatBotes funcional y representa las características principales para la generación de código, permitiendo el despliegue de la aplicación sobre la red social Facebook aumentando la productividad hasta en un 70%. Se evidencia en la posibilidad de modelar Chatbot como los presentados en los trabajos de referencia [1]. Específicamente, el relacionado con comercio electrónico, sistemas descentralizados (Blockchain) y aquellos que funcionan en ambientes IoT.

La posibilidad de consumir servicios REST hace que los ChatBot puedan integrarse con sistemas de información de las compañías. Es importante en este aspecto indicar que se debe seguir trabajando en el mapeo de las respuestas que van a llegar de los servicios. Dado que, si se tienen respuestas con información en forma jerárquica con mucha profundidad, se pueden presentar inconvenientes para integrar la información con otras cartas del flujo conversacional.



■ BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. M. Mostaçõ, Í. R. C. d. Souza, L. B. Campos y C. E. Cugnasca, «AgronomoBot: a smart answering Chatbot applied to agricultural sensor networks,» Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture, pp. 1-13, 2018
- [2] V. Štuikys, R. Damaševičius y A. Targamadzė, «A Model-Driven View to Meta-Program Development Process,» Information Technology and Control, vol. 39, n° 2, pp. 89-99, 2010.
- [3] Phil D Hall (Author), Vamsi Venigalla (Author), Srinu Janarthanam: Hands-On Chatbots and Conversational UI Development: Build chatbots and voice user interfaces with Chatfuel, Dialogflow, Microsoft Bot Framework, Twilio, and Alexa Skills, 1 ed, Packit, 2017.
- [4] M. Yan, P. Castro, P. Cheng y V. Ishakian, «Building a Chatbot with Serverless Computing,» Proceedings of the 1st International Workshop on Mashups of Things and APIs (MOTA '16). ACM, pp. 1-4, 2016.
- [5] L. Bettini, Implementing Domain-Specific Languages with Xtext and Xtend, Birmingham: Packt Publishing , 2013.



IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR DE BAJO COSTO PARA LA PORCICULTURA SOSTENIBLE EN LA RESERVA EL VERJÓN

Laura Alejandra Chacón Vargas, Jorge Andrés Forero Fajardo, Juan Sebastián Sánchez Gómez, Juan Manuel Fajardo Pinilla y Luis Humberto Reyes Barrios.

**Universidad de los Andes,
Grupo de Diseño de Productos y Procesos**

Temática: Saneamiento

Justificación de temática: Este proyecto se encuentra dentro de la temática de saneamiento, ya que la implementación del biodigestor busca gestionar los residuos producidos por las granjas porcícolas de la Reserva, aprovechando la porquinaza para transformarla en biosol, biol y biogás. El biodigestor se consolida como una biorefinería de economía circular que permite que los habitantes de la Reserva se concienticen de desarrollar porcicultura sostenible.

RESUMEN

La porcicultura es uno de los sectores más productivos de la economía colombiana, la cual enfrenta desafíos de calidad y salud debido al impacto ambiental generado por el manejo inadecuado de los desechos producidos por la porquinaza que contamina los cuerpos de agua, suelo y aire. Esta es la actividad productiva de los habitantes de la Reserva Forestal El Verjón, que han apoyado el desarrollo de una solución sostenible y amigable con la función ecológica de este territorio. Durante 2018 se diseñó un biodigestor de bajo costo con materiales reciclados y de fácil acceso para la comunidad, y en 2019 se desarrollará la implementación del biodigestor en clima frío para transformar la porquinaza en abono (sólidos) para la mejora de suelos, biogás para uso doméstico y biol (líquidos) para regar plantas. Estos productos se obtendrán luego de diferentes procesos que permitan su uso sin afectar la salud de la comunidad y el ecosistema de la Reserva.

INTRODUCCIÓN

El sector porcicultor se ha ido fortaleciendo y haciendo más competitivo en el mercado colombiano. Sin embargo, este crecimiento enfrenta enormes retos de calidad y sanidad, puesto que el impacto ambiental resulta en la contaminación continua de cuerpos de agua, suelo y aire. En la mayoría de los casos, esta contaminación es causada por el manejo inadecuado de los residuos generados por los cerdos (porquinaza) ya que hay poblaciones que no son conscientes del daño ambiental y transforman ineficientemente estos residuos en compost después de un periodo de 4 meses. Con el fin de reducir el impacto ambiental generado por las granjas porcícolas de la



Reserva el Verjón, se implementó un biodigestor de bajo costo que sea sustentable y de fácil uso para la comunidad, dando continuidad a la fase de diseño desarrollada en 2018 propuesta por Sánchez et al. (2019). En esta fase de implementación, se presentaron dificultades durante la carga relacionadas con la proporción de agua y materia orgánica, dado que dicha proporción es uno de los factores que afecta la producción de gas. Por ejemplo, un contenido insuficiente de agua en la mezcla que alimenta el biodigestor puede generar que las bacterias y otros microorganismos no presenten un entorno adecuado para que puedan funcionar de forma efectiva y que la producción de biogás sea pequeña.

Por otro lado, si la mezcla es demasiado diluida se puede digerir poca materia orgánica y la producción de gas es limitada. La composición de materia orgánica es en su mayoría de estiércol porcino, la FAO (2011) estipula que para biodigestores rurales pequeños de carga semicontinua, se recomienda una mezcla 1:3. No obstante, según Silva (2012) en algunos proyectos rurales se ha encontrado mayor rendimiento en proporciones 1:1 y 1:2. Por esta razón, en el presente proyecto se emplea una proporción de 1:2 y la producción de biogás se podrá evaluar después de montado el proyecto, por lo que se podrá modificar en caso de que sea baja la producción. Adicionalmente, otro problema que puede presentar el biodigestor no relacionado con la carga es la temperatura. Se conoce que la temperatura promedio del Verjón es de 22 °C, pero como se encuentra en una zona de páramo las temperaturas pueden variar drásticamente con valores mínimos de 8 °C, lo cual puede afectar el tipo de microorganismos que crecen con mayor predominancia y el tiempo de retención requerido para la degradación microbiana.

Por lo anterior, se espera que las bacterias que predominan son las mesofílicas y por ende el tiempo de retención sea de 60 días. Sin embargo, dadas las condiciones climáticas de la zona puede haber predominancia de bacterias psicofílicas, lo que indicaría un incremento de 100 días de retención. Esto podría reducir la viabilidad del reactor, porque podría requerir un mayor tamaño, pero reduciría los problemas de estabilidad que se presentan en los otros rangos de temperatura de operación (FAO, 2011). Finalmente, es recomendable que la mezcla sea lo más uniforme posible y no presente grumos en el tanque del digestor para promover una digestión efectiva (Gómez, 2012). Para ello, la mezcla se puede agitar en baldes con un palo, y si es necesario, disolver los grumos con las manos antes de llenar el biodigestor.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

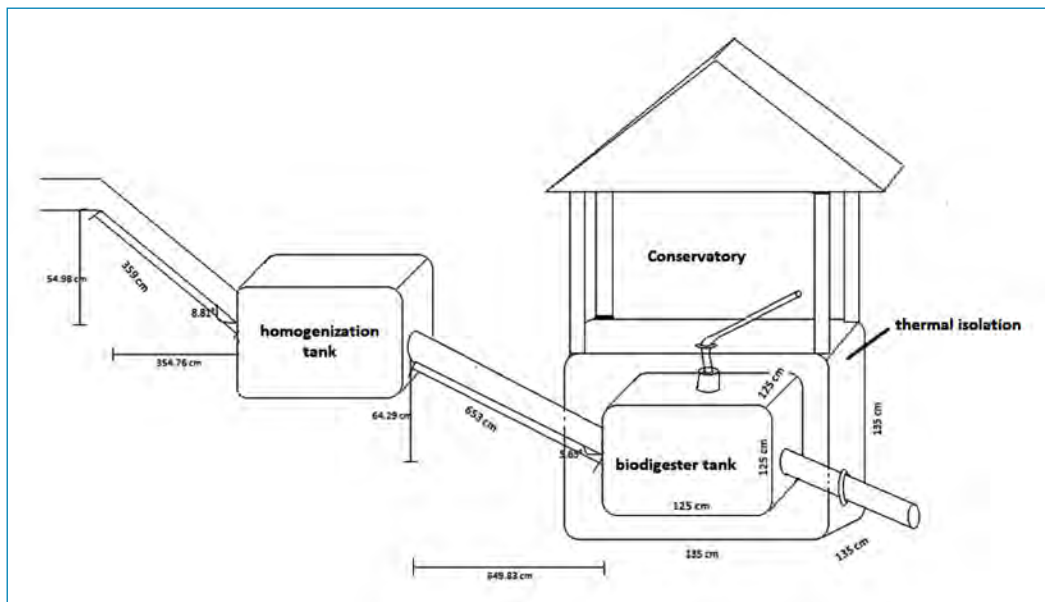
La explotación porcícola en la Vereda El Verjón Alto cumple de manera irregular con el manejo integral de los residuos sólidos producidos dentro de las porquerizas. Esta problemática se ha podido evidenciar en las multas impuestas a la comunidad por la Corporación Autónoma Regional (CAR), como organismo de control ambiental. Por esta razón, esta investigación se ha enfocado en la implementación de un biodigestor de bajo costo y de fácil acceso para la comunidad, que permita alcanzar un modelo de explotación económica auto sustentable y sustentable, que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de esta población. Este proyecto pretende concientizar a la población local sobre los beneficios que trae reducir el impacto de su actividad económica sobre el ecosistema de la Reserva, a través del tratamiento y aprovechamiento de los residuos de la porcicultura.

■ OBJETIVOS

- Implementar un biodigestor de bajo costo que sea sustentable y de fácil uso para la comunidad para disminuir el impacto ambiental generado por las granjas porcícolas de la Reserva El Verjón.
- Concientizar a la población local sobre los beneficios que trae reducir el impacto de su actividad económica sobre el ecosistema de la Reserva, a través del tratamiento y aprovechamiento de los residuos de la porcicultura.

■ METODOLOGÍA

El biodigestor propuesto (ver Figura) en la fase de diseño por Sánchez et al (2019), consiste de un isotanque sencillo en el cual solo se presentó degradación de materia orgánica a través de una reacción anaerobia con altas actividades microbianas provenientes de las concentraciones de carbono que posee el estiércol, cuyos productos deben ser sometidos a diferentes procesos para garantizar que queden libres de contaminantes. Esta primera parte de la fase de implementación, se enfocó en el correcto funcionamiento del biodigestor y en la segunda parte se enfocará en el análisis de la composición del abono orgánico obtenido al final del proceso, el cual se espera tenga una menor carga de compuestos fitotóxicos, metales pesados, carbono y amonio, así como un aumento en la concentración de humus, cenizas y ácido fúlvico (Tiquia, 2003) para así compararlo con el abono que actualmente utilizan y venden los habitantes del sector.



El biodigestor tiene capacidad de almacenamiento de 1 metro cúbico el cual se cargó con 300 kilogramos de porquinaza generada por los cerdos del lugar y 600 litros de agua manteniendo una relación 1:2 (es decir 2 litros de agua por cada kilogramo de porquinaza). Para que el proceso se llevara a cabo satisfactoriamente se tuvo que mantener y controlar en repetidas ocasiones la temperatura del isotanque, puesto que la reacción que esperábamos ocurriera es mesofílica y las condiciones ambientales del lugar no cumplen con los parámetros requeridos que



son de mínimo 11 grados centígrados. Para que el proceso se llevara a cabo satisfactoriamente y ante las bruscas variaciones de temperatura del sector, se construyó un invernadero, con poliestireno expandido cuyas propiedades físicas le permiten ser un excelente aislante térmico, y con ello se logra un mejor control de temperatura.

Adicionalmente, a partir de las características del biodigestor y las del material orgánico que fue introducido en él, se tienen en cuenta un tiempo de retención mínimo requerido para que la actividad microbiana lograra una degradación efectiva. Este tiempo fue de aproximadamente 60 días, de los cuales cada 8 días se hicieron monitoreos de temperatura, pH, análisis de DQO y análisis de carbono, con el fin de tener referencias acerca de su funcionamiento con el paso de los días. A través de un tubo de toma de muestras se midió la temperatura dentro del tanque, además, con ayuda de una jeringa se extrajeron diferentes muestras de la mezcla con el fin de estudiar sus componentes en el laboratorio.

■ RESULTADOS

La implementación involucra dos fases, una primera fase que consiste en una prueba piloto del funcionamiento del biodigestor durante el primer semestre del año 2019 y una segunda fase de análisis de muestras durante el segundo semestre del mismo año. En esta primera parte de la implementación, la carga suministrada al isotanque está constituida por porquinaza 300 Kl – agua y purín 600 Kl, teniendo un contenido de sólidos del 10,8%, y una relación 1:2 sólido líquido, libre de contaminantes que puedan entorpecer el proceso. A partir de la carga del isotanque se efectúa el monitoreo de variables como temperatura en grados centígrados (°C), el pH y la presión en milibares (mbar) entre el día cero y el día 43 después de la carga inicial del biodigestor (ver Tabla).

Días	Tinv	Tmin	Tmax	Ttank	Tsuelo	pH	Presión
0	19,5	8,3	36,4	13	14	7,1	0
1	21,3	7,3	38,9	12	13	7	0
5	25,2	6,4	40	13	14	7,2	2
11	28,3	6,3	43,2	14	14	7,3	4
15	23,5	7,1	42,4	12	11	7,2	0
25	27,6	5,3	45,3	12	13	7,4	2
29	26,6	4,5	49,4	12	14	7,6	2
34	17,6	4,5	51,5	10	11	7,4	0
36	36,7	4,5	49,4	13	14	7,3	2
43	28,9	2,3	55,5	11	11	7,1	2
Media	25,5	5,7	45,2	12,2	12,9	7,3	1,4

Se registran las mediciones de la temperatura del interior del isotanque (Ttank), del invernadero (Tinv), del suelo (Tsuelo), y el registro de temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin). La temperatura en el invernadero (Tinv) oscila entre 17,6 y 36,7 °C, la temperatura al interior

del isotanque (T_{tank}) entre 10 y 14 °C y la temperatura del suelo (T_{suelo}) entre 11 y 14 °C. En general, el sistema presentó una temperatura mínima entre 2,3 y 8,3 °C y una temperatura máxima entre 36,4 y 55,5 °C. Las mediciones de pH presentan una medición promedio de 7,3 y oscila entre 7 y 7,6, por lo que se puede decir que la solución al interior del isotanque presenta un pH neutro. Referente al monitoreo de presión, la determinación se volvió compleja porque se detectó una fuga en uno de los sellos, lo cual no nos permite una medición adecuada de este parámetro, por lo tanto, se requiere dar por finalizado este ensayo, solucionar la fuga y efectuar una nueva carga para tener un mejor control del proceso.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El diseño e implementación desarrollados durante 2018 y 2019 respectivamente, busca la aplicación de conceptos de ingeniería química, ambiental y sanitaria para la solución de una problemática de contaminación generada por la actividad económica de las granjas porcícolas en la Reserva El Verjon. Por tal motivo se busca solucionar un problema de saneamiento para concientizar y empoderar a sus habitantes en el manejo responsable y sostenible de los residuos mediante el uso del biodigestor y el aprovechamiento de sus productos para uso doméstico.

■ CONCLUSIONES

La variación en la temperatura día/noche (máximo/mínimo) al interior del invernadero 49,8°C/4,6°C, representa fugas o intercambios de temperatura muy fuertes, con lo cual el proceso se puede ver retrasado aumentando el tiempo de retención promedio (60 días para clima frío), para estos casos y por ende la producción de gas también se ve afectada. De acuerdo al registro de temperatura al interior de isotanque cuyo promedio es de 11,6°C, está dentro de los parámetros de generación de gas aunque en proceso lento, esto se debe a las variaciones bruscas de los umbrales máximos y mínimos de temperatura, con lo cual no se logra un mejor incremento de la temperatura, y como se observa en el promedio temperatura del suelo 12,2°C, lo cual nos indica que el piso del isotanque se debe aislar mejor para así poder obtener una mejor temperatura de reacción, ya que como se observa el promedio de la temperatura máxima es de 49°C, y con ello se debe lograr una mayor temperatura en el tanque de reacción.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Academia (s.f.). Determinación de materia orgánica en muestra de suelo. Recuperado de https://www.academia.edu/10957069/determinaci%C3%B3n_de_materia_organica_en_una_muestra_de_suelo
- Gómez, S. (2012). Diseño, construcción y puesta a punto de un biodigestor tubular Carazo-Nicaragua (Tesis de pregrado). Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/30046846.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2011). Manual de Biogás. Recuperado de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>



- Sánchez, J., Rodríguez, D., Obando, D., Gualdrón, N. & Fajardo, J. (2019). Design of a low cost biodigester for sustainable pig farming in the Verjon forest reserve. Proceedings of The IRES International Conferences, Rio de Janeiro, Brazil. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330997250_Design_of_a_low_cost_biodigester_for_a_sustainable_pig_farming_in_the_Verjon_forest_reserve
- Silva, J. (2012). Tecnología del Biogás. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>
- Tiquia, S. (2003). Evaluation of organic matter and nutrient composition of partially decomposed and composted spent pig litter. *Journal Environmental Technology*, 24, 97-107.



REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO COMO UNA PROPUESTA PARA SU OPTIMIZACIÓN

Ángela Milena Guaje Abril, Ángela Patricia Rey Rodríguez

Universidad Antonio Nariño

Temática: Procesos Productivos y Logísticos

Justificación de temática: El presente proyecto permite analizar el problema desde el punto de vista económico y desde la Ingeniería Industrial, donde se establece que, en toda actividad económica, la adecuada estructuración de costos (optimización de recursos), más un nivel de utilidad razonable, permite fijar precios competitivos; en el caso que nos ocupa, niveles tarifarios coherentes con los costos recurrentes de los servicios y razonables para los usuarios, lo que permite mayores niveles de eficiencia y sostenibilidad para el desarrollo y bienestar de la sociedad.

RESUMEN

La Constitución Política de 1991 y la Ley 142 de 1994, delinearon un nuevo modelo regulatorio para la prestación de servicios públicos domiciliarios -SPD- en Colombia, entorno a la Eficiencia económica y la Suficiencia financiera, para los servicios de acueducto y alcantarillado, plasmados en las tres metodologías de costos y tarifas que ha diseñado la CRA.

Con la implementación de estas metodologías, el sector ha registrado importantes avances, en cobertura y calidad en la prestación de los servicios, sin embargo, en la estructura de costos, se continúan incorporando ineficiencias, lo cual incrementa las tarifas por encima de sus costos económicos.

INTRODUCCIÓN

Por medio del presente proyecto se pretende demostrar que la metodología de costos y tarifas de los servicios de acueducto y alcantarillado, que actualmente aplica en Colombia (Resolución CRA-688 de 2014), continúa incorporando una serie de ineficiencias que eleva sus diferentes componentes por encima de sus costos económicos, lo cual contraviene lo establecido por la Constitución y la ley.

El Constituyente de 1991 sentó las bases para que, en Colombia, la prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios (SPD) dejarán de ser prestados por monopolios que presentaban graves problemas financieros y operativos, para lo cual delineó un nuevo modelo regulatorio para que esta clase de servicios entrara a ser prestado bajo criterios de eficiencia económica y suficiencia financiera, de tal forma que se lograra incrementar, a nivel general, los niveles de bienestar



de la población, lineamientos que desarrolló la Ley 142 de 1994, Ley de Servicios Públicos Domiciliarios (LSPD) y, para el caso de los servicios de acueducto y alcantarillado, los diseñó la Comisión de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA).

Con la implementación del nuevo modelo, si bien se han logrado importantes avances en cuanto a mejorar la calidad de los servicios de acueducto y alcantarillado y mayor nivel de cobertura, en su estructura de costos se continúan incorporando una serie de factores ineficientes que elevan las tarifas de los servicios por encima de sus costos económicos, lo cual genera desigualdades en el ingreso y en el consumo y una distribución inequitativa.

Lo anterior, nos ha motivado a que, por medio de este trabajo, se traten de visualizar, desde la óptica de las ciencias Económicas y de la Ingeniería Industrial, algunos de esos factores ineficientes, de tal forma que se pueda hacer una propuesta de optimización del modelo de costos y tarifas de los servicios de acueducto y alcantarillado, para lograr así, un mejoramiento en la prestación de estos servicios, así como también menores tarifas a cobrar a los usuarios, cumpliendo, además, con la cláusula de progresividad para la garantía de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales (DECS) en Colombia.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A partir de 1995, cuando la CRA emitió la primera metodología de costos y tarifas para los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia, se empezó a evidenciar un elevado crecimiento de las tarifas de estos servicios.

La segunda metodología tarifaria corrigió en buena parte esa situación, sin embargo, se continuaron incorporando otra serie de ineficiencias.

La tercera metodología tarifaria, según el Regulador, incorpora nuevas señales para que las empresas del sector logren mayores niveles de eficiencia, pese a lo cual, se continúan incorporando ineficiencias que las empresas han acumulado y que se reflejan en los estados contables.

■ OBJETIVOS

Objetivo General:

Revisar la Resolución CRA-688 de 2014, metodología de costos y tarifas de los servicios de acueducto y alcantarillado para empresas que presten los servicios a más de 5.000 usuarios, identificando los factores que distorsionan la estructura y los componentes ineficientes que las empresas aplican a las tarifas en Colombia.

Objetivos Específicos:

- Analizar el concepto de regulación por parte del Estado referente a los servicios públicos domiciliarios.
- Identificar los costos ineficientes que se aplican en el cálculo de las tarifas siguiendo los parámetros establecidos en la regulación de los SPD en Colombia a partir de la Constitución

1991, la Ley 142 de 1994 y las resoluciones 08 y 09 de 1995, 287 de 2004 y 688 de 2014 de la CRA.

- Aplicar conceptos financieros aplicados a la estructura de costos, ventas y fijación de tarifas para los servicios de acueducto y alcantarillado, a partir de un enfoque de la Ingeniería Industrial, sustentado en la eficiencia económica, la suficiencia financiera y la competencia en el mercado.
- Hacer un comparativo de las tres metodologías tarifarias de los servicios de acueducto y alcantarillado expedidas por la CRA, de tal forma que se puedan establecer los cambios y falencias que continúan presentando.
- Establecer parámetros que permitan realizar ajustes a la última metodología (Resolución CRA-688 de 2014) de acueducto y alcantarillado, de tal forma que se logre el cumplimiento de los objetivos regulatorios.

■ METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación está enfocado de manera cualitativa y cuantitativa: cualitativamente es utilizado en la realización de un estudio documental con el fin de revisar y analizar las 3 metodologías establecidas en las resoluciones de la CRA donde se establecen los costos y tarifas del servicio de agua y alcantarillado en Colombia; de manera cuantitativa se aplicarán los modelos de costos y economía como herramienta para analizar cada uno de los componentes de las estructuras ya establecidas con el fin de establecer el modelo de optimización.

Mediante el análisis y estudio a la estructura de costos actual de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado se realizarán las siguientes actividades.

- Identificar que costos ineficientes se están adicionando al modelo actual.
- Mediante métodos de investigación soportar porque los costos identificados como ineficientes no se deben de considerar en la estructura del modelo.
- Plantear la mejora a la estructura de costo eliminando los costos ineficientes.

■ RESULTADOS

De acuerdo con la información revisada se puede evidenciar que aún se continua presentando falencias en la estructura de costos de en la tercera metodología de Servicios Públicos Domiciliarios; para ajustar los costos administrativos y los costos operativos comparables, se utiliza el análisis comparativo por medio del DEA, para lo cual, se toma un grupo de empresas del sector, para determinar cuál es el más eficiente, el cual sirve de base para compararlo con las demás empresas, sin embargo, se debe tener en cuenta que, en el entorno del país, prácticamente todas las empresas del sector acueducto y alcantarillado que conforman la muestra, corresponden a monopolios estatales, los cuales padecen graves problemas estructurales, ante lo cual, no es mucho lo que esta herramienta aporta para establecer parámetros reales de eficiencia.



Con respecto al costo medio de inversión, si bien la fórmula cambia de manera substancial, pero, es más de forma que de fondo, pues, se continúa con el cálculo de los activos que actualmente disponen las empresas para la prestación de los servicios y de las inversiones que se tengan proyectadas realizar, para lo cual, se exige que se incluyan en la BCR.

De forma similar, para el cálculo de los diferentes componentes de la estructura de costos de acueducto y alcantarillado, la tercera metodología tarifaria toma como base los estados contables de las empresas de los años 2012 y 2013, con lo cual se permite que, el valor de estos componentes se incremente de forma considerable, debido a que estos recogen las deficiencias que esta clase de empresas arrastran de años atrás, de forma similar a como sucedió con las dos primeras metodologías tarifarias.

En tal sentido, lo que se debe hacer con las empresas que prestan los servicios de acueducto y alcantarillado del país, es una reestructuración total de sus procesos y procedimientos, proceso de reingeniería que les permita funcionar como empresas realmente eficientes, cosa que no es fácil en el país, puesto que prácticamente todas son monopolios del Estado, que se encuentran capturadas por la clase política y por los sindicatos, junto con administraciones complacientes.

■ CAMPO DE APLICACIÓN

El presente proyecto tiene como campo de aplicación las empresas de Acueducto y Alcantarillado del país que presten el servicio a más de 5.000 usuarios, las cuales deben desarrollar el criterio de Eficiencia Económica tal como lo exige la Ley 142 de 1994 y en el marco de las metodologías tarifarias, en sus diferentes componentes de la estructura de costos.

El desarrollo del proyecto beneficia a todos los usuarios de servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado ya que con la identificación de las ineficiencias evidenciadas en la estructura de costos se espera que en nuevas resoluciones emitidas por la CRA se ajusten las tarifas y cumplan con los criterios de Eficiencia Económica y Suficiencia Financiera que establece la ley.

■ CONCLUSIONES

- La mayor parte de las empresas del sector ha alcanzado su viabilidad financiera, cumplimiento con uno de los criterios básicos que establece la Ley 142 de 1994, el de Suficiencia financiera, sin embargo, el criterio de Eficiencia económica no corresponde al que deberían desarrollar empresas eficientes, lo cual, no solo contraviene lo dispuesto por la ley, sino que también, mantiene las tarifas por encima de sus costos económicos.
- Desde la óptica de la teoría del Agente y del Principal, es difícil que la CRA pueda controlar directamente el accionar de las empresas de acueducto y alcantarillado del país, en tal sentido, para que se le pueda imprimir mayores niveles de eficiencia al sector, se deben buscar mecanismos para que, desde la administración de cada empresa, se puedan tomar las decisiones corporativas más convenientes, sin la interferencia de terceros.

■ BIBLIOGRAFÍA

Constitución Política de Colombia. (7 de julio de 1991). Colombia.

Contraloría de Bogotá D.C. (2009). *Estructura de costos y tarifas de acueducto y alcantarillado*.

Contraloría de Bogotá D.C. (2017). *Informe de Gestión a 31 de Diciembre de 2016*. Bogotá.

Contraloría de Bogotá D.C. (2009). *Informe Final de Auditoría Gubernamental con Enfoque Integral-Modalidad Especial*. Bogotá.

CRA. (2007). Proyecto de Reducción de Pérdidas de Agua Potable y Reforma del Marco Regulador. Bogotá D.C.

LEY 142, SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (CONGRESO DE LA REPÚBLICA 11 de JULIO de 1994).

RESOLUCIÓN 08 Y 09 (COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO AGOSTO Y SEPTIEMBRE de 1995).

RESOLUCIÓN CRA 688. (24 de junio de 2014). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Colombia.

RESOLUCIÓN CRA No. 287. (25 de MAYO de 2004). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Colombia.



CIBERNÉTICA DE 3^{er} ORDEN APLICADA A UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LÁCTEOS EN UNA EMPRESA EN BOGOTÁ MEDIANTE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN

Julio Andrés López Pinzón y Astrid Viviana Naranjo Abril

Universidad de La Salle

Temática: Procesos Productivos y Logísticos

Justificación de temática: Teniendo en cuenta que la logística es “el proceso de planificación, implementación y control de procedimientos para el transporte y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes, incluidos los servicios, y la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el fin de cumplir con los requisitos del cliente” (Council of Supply Chain Management Professionals, 2018), y que el trabajo aquí presentado comprendió la mejora de la distribución de productos lácteos para una empresa en Bogotá, determina la temática seleccionada.

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la estructura de la *Cibernética de 3er orden* (C3) y su aplicación a un sistema de distribución de derivados lácteos en una empresa en Bogotá (Colombia) mediante el uso de un modelo de optimización basado en *Programación Entera Mixta*.

Se comenzó por definir la estructura del C3 y como a través de este se diseñó el respectivo modelo matemático y sus escenarios de experimentación de forma que se pudiera dar un eficiente uso de los recursos en la operación de distribución de dicha empresa.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es cada vez más común el uso de estrategias analíticas para la toma de decisiones a nivel organizacional (Fonseca, 2018), de ahí la importancia de usar herramientas como la cibernética en la cual se usan las propiedades de la comunicación teniendo en cuenta los supuestos de la organización (Arévalo, 2011), en donde se emplean los elementos de primer orden para el análisis de los sistemas basado en la teoría clásica de la cibernética (Ashby, 1957) y (Beer, 1964). De esta forma, se puede llevar a cabo la aplicación de esta área del conocimiento a las organizaciones para entender mejor su funcionamiento y así mismo usar técnicas como la optimización para la toma de decisiones en pro de su mejoramiento productivo.

Por ello, en este trabajo se desarrolló una aplicación en este sentido teniendo en cuenta algunas aplicaciones como por ejemplo; un modelo fundamentado en la cibernética de tercer orden, en el cual se describen los componentes participantes en la gestión de conocimiento y su articulación en ciclos de realimentación a través del flujo de información en compañías de la

cadena productiva de cuero en Bogotá (J. E. Rocha González, 2014). Por otro lado, en (Marín, 2013) se enfocó el análisis del sistema desde la cibernética mediante planear y corregir los desvíos de las actividades productivas a través de la formulación de cuatro subsistemas: a) toma de decisiones, b) planeación, c) información y d) ejecución sus subsistemas. Estos trabajos entre otros, dan cuenta de la importancia de la cibernética para el análisis de los sistemas desde el enfoque de los sistemas para su mejoramiento.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se evidencia ineficiencias en la operación logística de distribución de una empresa Bogotana que vende productos lácteos (Yogurt, Leche y Quesos) y que cuenta con 52 clientes entre centros comerciales y tiendas especializadas en toda la ciudad, distribuyendo desde dos plantas bicadas en la sabana, ya que se recorren altas distancias con tiempos extensos para la entrega de sus productos lo cual genera retrasos y por lo tanto insatisfacción a sus clientes, además de generar sobrecostos en el desarrollo de dicha operación por el uso excesivo de recursos como vehículos, mano de obra, entre otros.

■ OBJETIVOS

- Determinar la asignación de la carga o unidades a enviar desde las respectivas fuentes a los diversos clientes al menor costo posible contemplando diversos canales de abastecimiento de la demanda, varios productos y el uso diferenciado de vehículos.
- Incluir las consideraciones gerenciales a un proceso operativo con ayuda de una herramienta usada para la descripción, diagnóstico y diseño de los sistemas de administración como lo es la cibernética.
- Establecer una configuración eficiente de los recursos de la empresa en el desarrollo de la operación logística de distribución.
- Presentar una aplicación de la cibernética de tercer orden integrado a una actividad frecuente como lo es la logística dentro del campo de la Ingeniería Industrial.

■ METODOLOGÍA

A continuación, se establece en la figura 1 el procedimiento realizado para el desarrollo del trabajo a partir de la definición del problema hasta la obtención de los resultados finales.

■ RESULTADOS

Breve Contextualización de la Cibernética: La cibernética estudia el comportamiento de diferentes sistemas (humanos, máquinas, animales) basado en los ciclos de control en donde el concepto central es la variación en el comportamiento (Ashby, 1957). Comúnmente se encuentra en la cibernética ciclos de primer y segundo orden (ver figura 2); el primer orden habla acerca del control del flujo de información y/o materiales, el segundo orden implica el flujo de información



e imaginario de la empresa conocido como planeación estratégica en donde se identifica el efecto que tiene el observador sobre el sistema observado (Yolles, 2006), y el tercer orden (C3) añade el ámbito en el que se mueve el sistema.

Basados en (Arango Londoño & Pinzon Rueda, 2014), en la figura 3 se observa que para cada uno de los órdenes se encuentra un circuito de realimentación o niveles donde se cumple con el principio básico de la cibernética: las entradas están afectadas por las salidas. Los primeros hacen referencia al control del flujo de información y materiales; los segundos implican el flujo de información e imaginario de la empresa, los cuales pueden concebirse como la misión, visión, planes y propósito de la empresa; y están los de tercer nivel, que refieren los ciclos de control para los ciclos de segundo nivel, es decir, los controles que se ejercen sobre los otros controles.

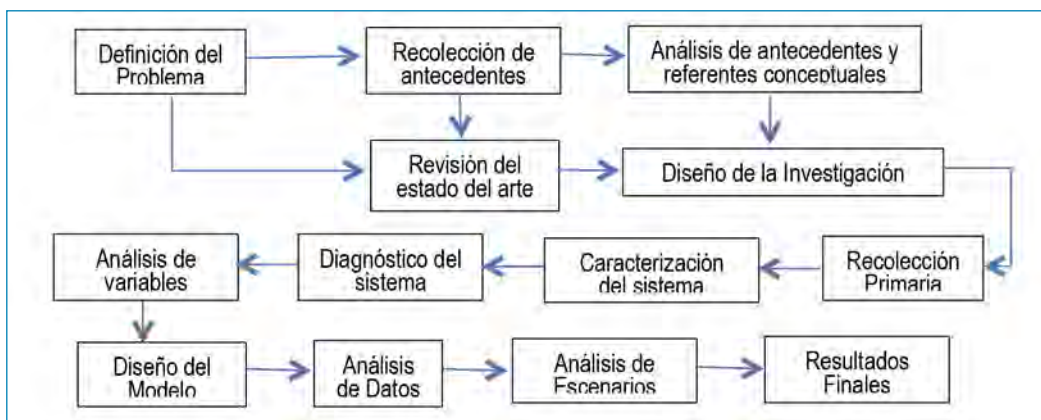


Figura 1. Procedimiento para el desarrollo del proyecto

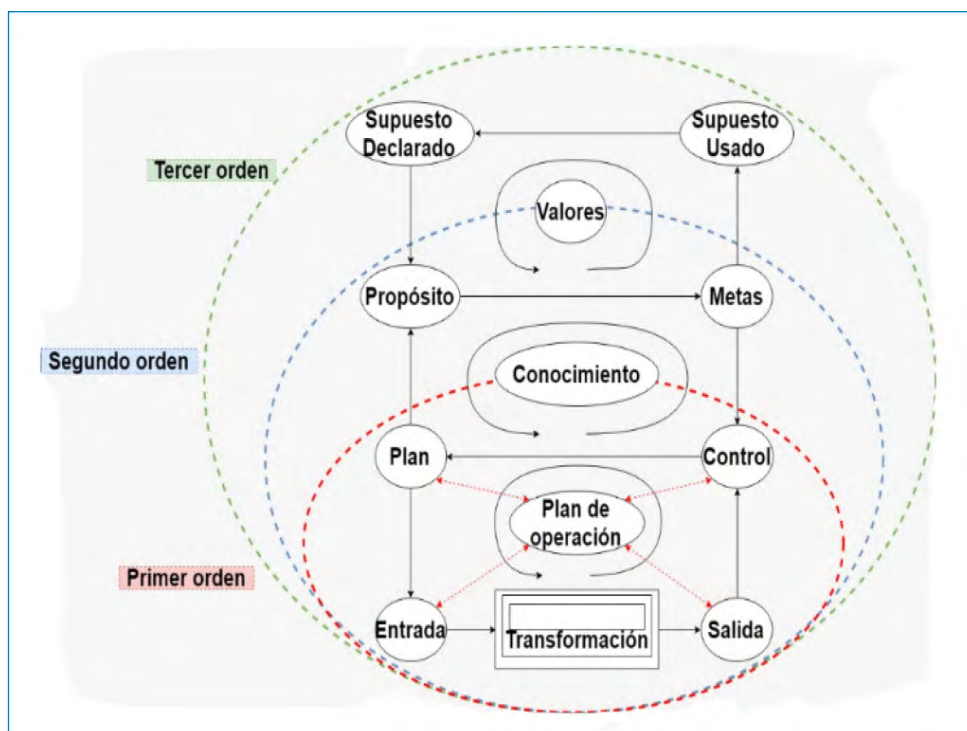


Figura 2. Sistema Cibernético de Tercer Orden

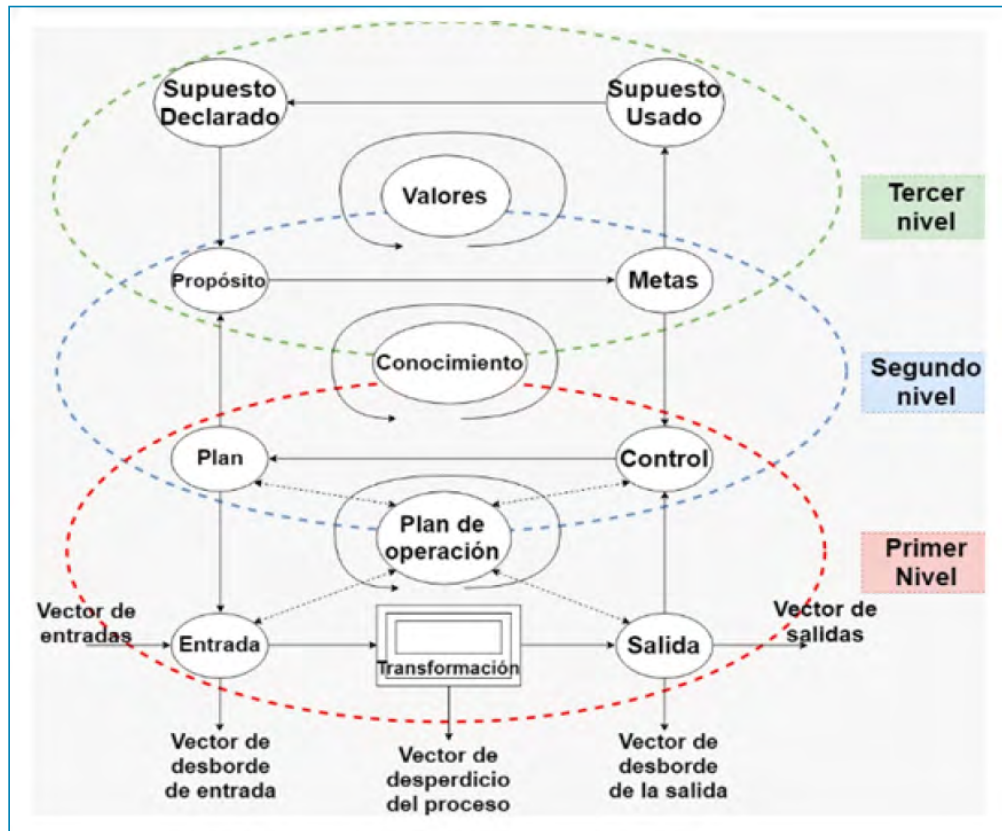


Figura 3. Sistema Cibernético de Tercer Orden por niveles

Aplicación de la Cibernética de Tercer Orden C3: Al aplicar la cibernética de tercer orden a la distribución de la empresa de lácteos se llegó a la construcción de la estructura de control mostrada en la figura 4, la cual llevó al análisis de las variables de entrada usadas en el modelamiento del sistema a través del esquema matemático basado en programación entera mixta (tabla 1), siendo este retroalimentado hasta la creación de tres escenarios comparados posteriormente en cuanto a costos.

Función Objetivo

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Q = & \sum_{l=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Clij * Slij + \sum_{l=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^o Clik * Tlik \\
 & + \sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^o \sum_{j=1}^n Clkj * Ulkj + \sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^o \sum_{k'=1}^o Clkk' * Zlkk'
 \end{aligned}$$

Tabla 1. Diseño del Modelo de Optimización

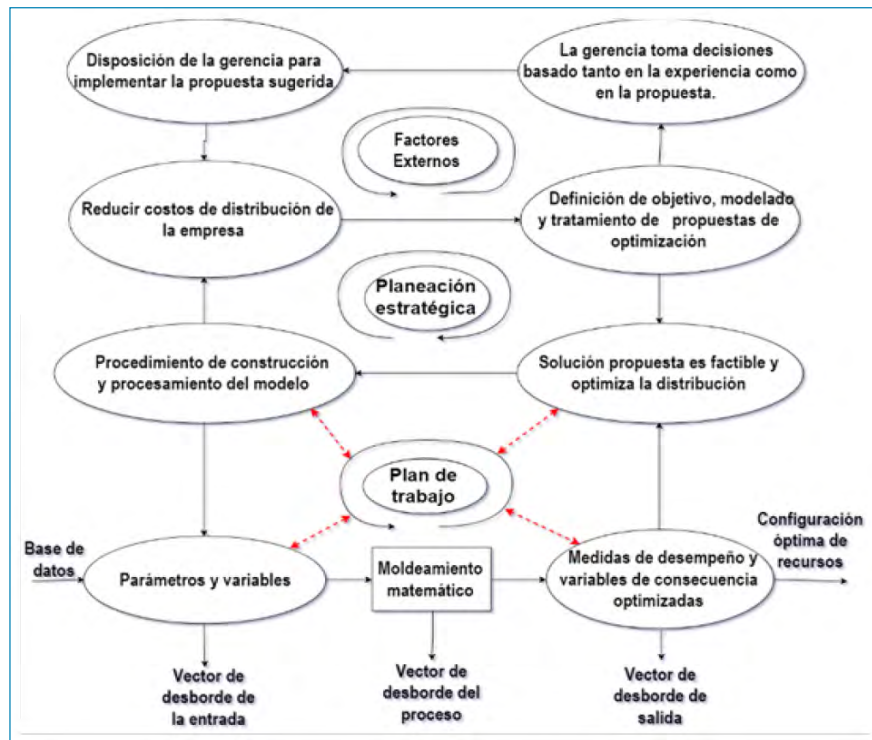


Figura 4. Sistema Cibernético de 3er Orden aplicado a la distribución de una Empresa de Lácteos en Bogotá

En el modelo matemático inicial se tuvo en cuenta los costos unitarios de transporte y distribución, y dado el análisis desde el C3, se crea un primer escenario donde se contemplaron costos fijos en el criterio de optimización y luego haciendo su retroalimentación, se establece el segundo escenario donde se tuvo en cuenta el uso de camiones con capacidad diferenciada (flota heterogénea). Esto se ve en la figura 5, donde los escenarios 1 y 2 muestran de forma más completa la operación óptima de distribución ya que se incluyen costos fijos y el uso diferenciado de vehículos en donde el escenario 2 es mejor no solo porque tiene 6% costos totales más bajos comparado con el escenario 1, sino porque se obtiene una solución más acorde al uso de los recursos de capacidad al incluir el vehículo apropiado en cuanto a tamaño se refiere para el transporte y distribución según las demandas específicas de los clientes, optimizándose así todos los recursos asociados a esta operación de transporte y distribución.

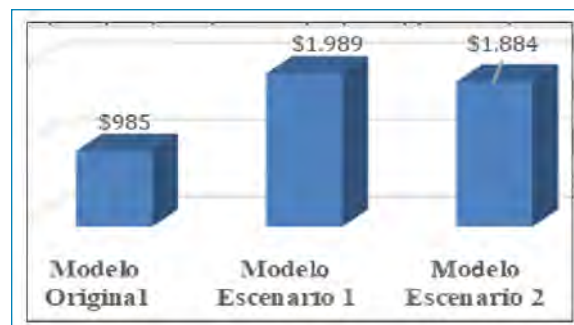


Figura 5. Costos en Dólares por Escenarios del Modelo

■ CAMPO DE APLICACIÓN

La cibernética puede ser aplicada en diversos sistemas en los que se quiera tener en cuenta las interacciones a diferentes niveles de control para la toma de decisiones. En este trabajo fue enfocada hacia la gestión logística de distribución de una empresa en Bogotá, sirviendo como apoyo en la construcción de un modelo cuantitativo que optimizara su operación.

■ CONCLUSIONES

- Se evidenció la importancia de la interacción de los flujos de análisis del C3 para poder definir adecuadamente el modelo de optimización, estableciéndose así que al contemplar el uso diferenciado de vehículos para la operación logística de distribución, se disminuye el costo total de dicha operación en 105 dólares por semana, representando un ahorro del 6% frente al esquema sin diferenciación de vehículos y del 13% al modo convencional de operación de dicha empresa.
- Este análisis y su aplicación es novedoso dado lo reciente de la cibernética de 3er orden y más teniendo en cuenta el uso de la técnica de investigación de operaciones para la toma de decisiones productivas basado en este enfoque, puesto que no es común encontrar en la literatura este tipo de aplicaciones, con lo cual y como se evidenció en los resultados, da muy buenos desempeños a la hora de evaluar los diversos experimentos o escenarios como uso de los modelos de optimización para tomar decisiones a nivel productivo.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Arango Londoño, C. A., & Pinzon Rueda, W. A. (2014). Sistema de producción Toyota usando cibernética de tercer orden. *Épsilon*, 175-195.
- Arévalo, W. A. (2011). Cibernética de tercer orden y su aplicación a la telefonía móvil. Bogotá: *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.
- Ashby, W. R. (1957). An introduction to cybernetics. *Londres: Chapman & Hall Ltd*.
- Beer, S. (1964). Cybernetics and management. *Reino Unido*.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (31 de Agosto de 2018). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Obtenido de https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms
- Fonseca, O. J. (2018). Model of transshipment and Routing Applied to the Cargo Sector in Small and Medium Enterprises of Bogotá, Colombia. *International Journal of Social, Behavioral Educational Economic*, 621-627.
- J. E. Rocha González, W. A. (2014). Gestión de conocimiento en la cadena productiva de cuero curtido, una visión desde la cibernética. *Proceedings IV Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*.



Marín, C. A. (2013). Metodología sistemática-cibernética para elaborar estructuras organizacionales dinámicas: aplicación a empresa de distribución de agua potable. *Ciencia y Tecnología*, 95-110.

Yolles, M. (2006). *Organization as complex systems: An introduction to knowledge cybernetics*. Liverpool: Editorial Edad.



EXPRESA TU INGENIO

I MUESTRA NACIONAL DE PROYECTOS DE PREGRADO EN INGENIERÍA



Sociedad Colombiana de Ingenieros
Carrera 4 No. 10 41 • Teléfono: (57 1) 555 0520
direccionejecutivasci@sci.org.co • www.sci.org.co
Bogotá, D.C., Colombia, Suramérica



**Asociación Colombiana
de Facultades de Ingeniería**

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
Carrera 68D 25B 86 Oficina 205 • Edificio Torre Central
PBX: (57 1) 427 3065 • Móvil: (57) 300 3221059
acofi@acofi.edu.co • www.acofi.edu.co
Bogotá, D.C., Colombia, Suramérica