

Nº. 1 / Noviembre - Mayo 2017

Vol.1

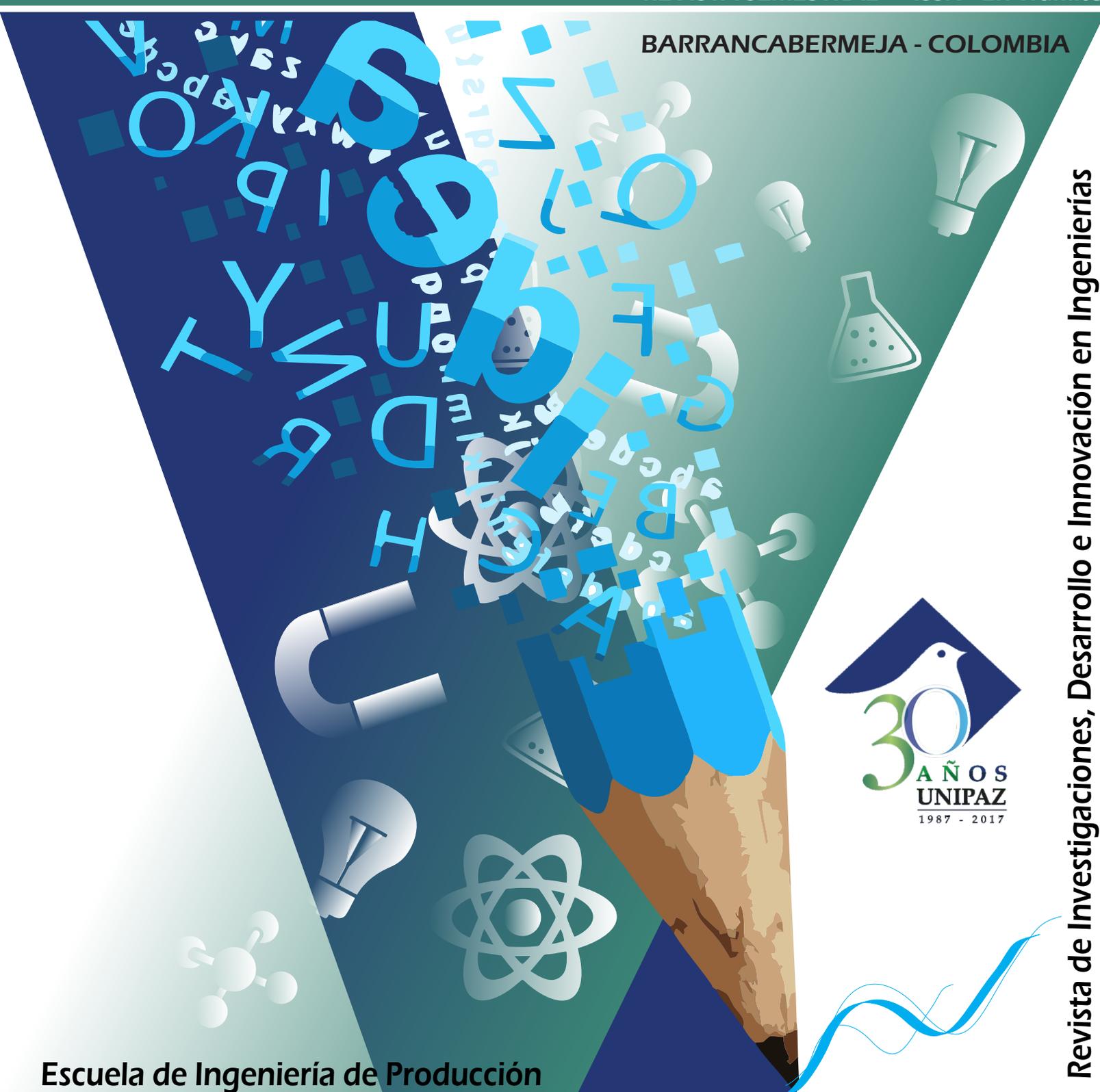
# RIDING



Revista de Investigaciones, Desarrollo e Innovación en Ingenierías

REVISTA SEMESTRAL ISSN - En Tramite

BARRANCABERMEJA - COLOMBIA



Escuela de Ingeniería de Producción

Revista de Investigaciones, Desarrollo e Innovación en Ingenierías

# C Contenido

- 01-05** Análisis y mejoramiento del sistema de colas, en el centro industrial y del desarrollo tecnologico (SENA), Barrancabermeja
- 06-12** Influencia de la adición de hidrógeno en el desempeño de un motor de baja potencia
- 13-15** Influencia de la temperatura en resistencia a la tensión y modulo de young de bioplástico elaborado a partir de almidón de yuca
- 16-20** Diseño e implementación de una máquina descascaradora de semillas oleaginosas
- 21-27** Sistema de potencia y control para la simulación en el arranque de motores
- 28-34** Estudios de métodos, tiempos y distribución en planta dentro de la empresa gases industriales ubicada en la ciudad de barrancabermeja

## **Editor**

*Alexander Fernando López Córdoba*

*Ingeniero de Alimentos*

*Esp. en Química de la Universidad de Pamplona*

*Doc. En Química*

# ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE COLAS, EN EL CENTRO INDUSTRIAL Y DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO (SENA) BARRANCABERMEJA.

Vlaxmir Robles Marín, Carolina Díaz Betancur, Diego Muñoz Estrada, Hendrickson Felipe Dita Díaz.

Escuela Ingeniería De Producción.

Instituto Universitario De la Paz UNIPAZ

Vlaxmir@unipaz.edu.co, Email del Segundo Autor, diego.estrada@unipaz.edu.co, etc.

hendrickson.dita@unipaz.edu.co

**Resumen-** En el presente documento se presenta el plan de mejoramiento de los sistemas de espera realizado en las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje Sena en la ciudad de Barrancabermeja, con base en la Teoría de Colas, y con ayuda de herramienta tales como las 5's, entre otras. Se realiza la respectiva simulación de los procesos de entradas y salidas de personal y equipos mediante el modelo M/M/k y a partir de ello se desarrolla la propuesta de optimización con la elaboración de una herramienta informática que aumenta la tasa de servicio de los canales del sistema de espera, y por ende, el afianzamiento de los parámetros de desempeño de la línea.

**Abstrac-** This document presents the plan to improve the waiting systems carried out in the Servicio Nacional de Aprendizaje Sena in the city of Barrancabermeja, based on the Queuing Theory, and with the help of tools such as the 5's, between others. The respective simulation of the processes of entry and exit of personnel and equipment is performed through the M / M / k model, and from this the optimization proposal is developed with the development of a computer tool that increases the service rate of the channels of the waiting system, and therefore, the consolidation of the performance parameters of the line.

## I. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de teoría de colas, vienen a la mente las innumerables ocasiones en las cuales se forma parte de una de ellas. En estos días es casi imposible poder hablar de la obtención de algún bien o servicio sin que en ella se acompañe de una línea de espera antes de recibir, comprar o adquirir este bien o servicio; de una u otra manera el individuo termina acostumbrándose, aunque a veces esta espera es molesta. “Se calcula que en E.U. aproximadamente la gente gasta 37 billones de horas por año en una cola de espera; si se traducen estas horas a productividad, se hablaría de estimar cerca de 20 millones años-persona de trabajo útil cada año [1]. Los modelos de colas son importantes de analizar y evaluar, para así determinar la manera más eficiente de operarlos. Con esto se busca encontrar un balance entre el costo del servicio y la cantidad de espera, ya que si se tiene mucha capacidad de servicio tal vez esté muy sobrado, y el costo es muy alto; de manera contraria, si no se tiene mucha capacidad, la espera será muy larga y las consecuencias serán algunas de las mencionadas anteriormente. Concretamente dentro de las

instalaciones del Centro Industrial y del Desarrollo (CIDT) del Sena se encontraban ciertas dificultades: tiempos de espera excesivos, doble inspección tanto en la entrada como en la salida para los usuarios del proceso de registro. Para el ingreso y salida existe solo una fila, lo cual genera demoras de hasta 35 minutos en el proceso. Generalmente los aprendices llegan puntualmente a la entrada del CIDT, pero mientras hacen la cola para registrar sus herramientas o equipos, llegan tarde al ambiente de formación, lo que se traduce en reporte de novedades. En ese orden de ideas, se vio la necesidad de definir el siguiente objetivo: analizar las mejoras en el tiempo de respuesta en el registro de entradas y salidas de personal, vehículos, herramientas y equipos en el Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico (Sena) Barrancabermeja, aplicando modelos de Teoría de Colas que permitan aumentar el nivel de eficiencia, orden y seguridad en la prestación de este servicio

## II. RECURSOS Y MATERIALES.

Para este estudio se hizo especial énfasis en el uso de la teoría de colas, y particularmente, el modelo M/M/k[2]  
En un sistema de colas se podría visualizar el siguiente layout:

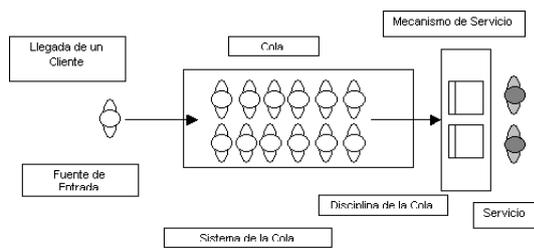


Fig. 1. Sistema básico M/M/K.

**Nomenclatura y definiciones caso:** Con el fin de manejar un lenguaje común y facilitar la comprensión del análisis y las conclusiones posteriores, es importante aclarar de manera inicial la nomenclatura que se utilizó para este tipo de modelo:

$\lambda$  : Tasa promedio de llegadas en la unidad de tiempo

$1/\lambda$ : Tiempo ente llegadas de los clientes

$\mu$ : Tasa promedio de servicio

$1/\mu$ : Tiempo de servicio

$K$ : Número de servidores

Las ecuaciones que sustentan el sistema son las siguientes:

$L_q$  = Número esperado de clientes en fila.

$$L_q = \frac{\rho^{k+1}}{(k-1)!(k-\rho)^2} p_0 \quad (1)$$

Donde

$$p_0 = \left[ \sum_{n=0}^{n=s-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^k}{s!(1-\frac{\rho}{k})} \right]^{-1} \quad (2)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

$W$  = tiempo estimado en el sistema

$$W = w_q + \frac{1}{\mu} \quad (4)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (5)$$

Por otro parte, se evidenciaron aspectos fundamentales del sistema; en ese sentido se logró establecer las características demográficas de las unidades investigadas, identificar formas de conducta, actitudes de las personas que se encuentran en el entorno de esta investigación, establecer comportamientos concretos, entre otros. Algunos de los datos obtenidos a través de este tipo de estudio son:

- Número de población.
- Porcentaje de la población que utiliza el servicio de registro.
- Horarios de saturación del sistema.
- Tiempos de espera en el sistema.
- Promedio diario de personas utilizando el servicio de registro.
- Nivel de satisfacción por parte de los usuarios del servicio de registro.

Para la recolección de esta información se analizaron los datos consignados en los libros de registro, se realizó un proceso de acompañamiento y observación a la prestación del servicio y se aplicaron listas de chequeo.

TABLA I  
INTERVALOS DE HORAS POR DÍAS

Días	Intervalos de horas (s)			
	I	II	III	IV
Lunes	26,0	10,7	10,6	25,0
Martes	24,6	10,7	10,8	25,3
Miércoles	26,0	10,6	10,7	25,7
Jueves	25,0	10,6	10,8	25,7
Viernes	34,6	10,8	10,8	24,6

Igualmente para realizar un análisis más detallado y objetivo, se dividió el espacio muestral de los tiempos en cuatro horarios denominados horas de mayor afluencia, como se muestra a continuación:

Intervalo I: 6:00 am – 7:15 am

Intervalo II: 11:45 am – 12:45 pm

Intervalo III: 5:45 pm – 7:00 pm

Intervalo IV: 9:15 pm – 10:15

Es visible, una clara diferencia entre los respectivos intervalos de hora, lo que hace pensar que las discrepancias se presentan por la hora del día y no por el día de la semana. El paso siguiente se centra en ejecutar pruebas de hipótesis que comparen los promedios encontrados y corroboren su igualdad o diferencia. Con el objetivo de confirmar la sospecha enunciada, se plantea una prueba de hipótesis no paramétrica llamada Kruskal-Wallis, [3] .la cual compara el valor de las medias de las veinte horas-día seleccionadas diciendo si existe alguna diferencia entre ellas.

La hipótesis a contrastar es:

$H_0$ : Las 20 muestras provienen de la misma población.

$H_a$ : alguna proviene de una población diferente a las demás.

Cálculos y resultados. Todos los cálculos necesarios para realizar la prueba fueron soportados en el software IBM SPSS Statistics 22.

La conclusión a la que se llega es que Sig. Asintótica 0.002 y como Sig. Asintótica  $< \alpha$  entonces existen diferencias entre las medidas y, por tanto, se rechaza  $H_0$ .

**Comparaciones múltiples.** Como en la situación descrita se desestimó la hipótesis acerca de la igualdad de las

distribuciones poblacionales, por tanto, fue necesario realizar contrastes a posteriori que determinaran o precisaran entre qué muestras existían las diferencias significativas que provocaban el rechazo de la hipótesis nula del contraste de Kruskal-Wallis. El procedimiento consistió en los siguientes pasos [4]:

1. Se determinó la cantidad  $\alpha = \frac{\alpha}{k(k-1)}$  (6)

2. Se calculó el valor del percentil de la distribución  $N(0,1)Z_{1-\alpha}$

3. Se determinó la cantidad  $\Delta_{ij} =$

$$Z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{2}{n}\right)} \quad (7)$$

4. Se tuvo en cuenta el criterio de que existen diferencias significativas entre dos poblaciones siempre que:  $|\bar{R}_i - \bar{R}_j| > \Delta_{ij}$ . Donde  $\bar{R}_i$  es el rango medio de la muestra  $i$ , es decir,  $\bar{R}_i = \frac{R_i}{n}$

➤ Cálculos realizados y comparaciones múltiples\*. Al igual que para los cálculos de la prueba Kruskal-Wallis, las diferencias entre los rangos se ejecutaron en el software IBM SPSS Statistics 22. Los respectivos resultados se presentan a continuación, según los pasos descritos en el numeral anterior.

1.  $\alpha = \frac{\alpha}{k(k-1)} = \frac{0.05}{20(20-1)} = 0.0001$

2.  $Z_{1-\alpha} = Z_{1-0.0001} = Z_{1-0} = 0.8413$

3.  $\Delta_{ij} = Z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{2}{n}\right)}$  (8)

$$\Delta_{ij} = 0.8413 \sqrt{\frac{40(40+1)}{12} \left(\frac{2}{20}\right)} = 9.83$$

$\alpha$  = Nivel de significancia.

$K$  = Numero de muestras.

$Z_{1-\alpha}$  = Valor percentil de la distribución.

$N$  = Tamaño de la población.

$n$  = Tamaño de la muestra

El siguiente paso consistió en calcular las diferencias entre  $|\bar{R}_i - \bar{R}_j|$  ( $i = 1, 2, \dots, 20$  y  $j = 1, 2, \dots, 20$ ) y luego compararlas con el valor obtenido  $\Delta_{ij} = 9.83$ . Si la diferencia de los dos rangos es mayor a este último valor, se infiere que los rangos  $i$  y  $j$  son diferentes y provienen de poblaciones desiguales.

Finalmente, luego del análisis posterior se llegó a la conclusión que existían dos grupos finales

TABLA II  
GRUPOS ENCONTRADOS MEDIANTE COMPARACIONES MÚLTIPLES

Grupo 1		Grupo 2	
Lunes II	Jueves III	Lunes I	Jueves IV
Lunes III	Viernes II	Lunes IV	Viernes I
Martes II	Viernes III	Martes I	Viernes IV
Martes III		Martes IV	
Miércoles II		Miércoles I	
Miércoles III		Miércoles IV	
Jueves II		Jueves I	

Luego de identificar los dos grupos muestrales homogéneos, se dispone a realizar las respectivas pruebas de bondad de ajuste Smirnov-kolmogorov [5]. Tanto para las tasas de llegada, como las tasas de servicio. Es importante reseñar que para que el sistema pueda ser considerado como M/M/k, las distribuciones de probabilidad de entradas y salidas, deben ajustarse a procesos Markvianos (Poisson y Exponencial)

TABLA III  
PRUEBA SMIRNOV-KOLMOGOROV BONDAD DE AJUSTE

	$\lambda_1$	$\mu_1$	$\lambda_1$	$\mu_2$
N	70	39	23	39
Parámetro				
exponencial. <sup>a,b</sup>	,3331	2,2387	2,2387	
Máximas				
diferencias	,206	,281	,281	
extremas				
Z de Kolmogorov-Smirnov	1,320	1,288	1,350	1,238
Sig. (bilateral)	,061	,072	,052	,073

A partir de los respectivos valores se comprueba que los datos provienen de distribuciones Poisson y exponencial, es decir, cumplen la condición de ser un sistema M/M/k, por ende el sistema puede ser analizado por las ecuaciones referenciadas en el primer aparte.

**Modelo de nivel de aceptación para la elección del número óptimo de servidores.** A pesar de que se tiene la capacidad de determinar el tiempo promedio que un usuario puede esperar en una fila para un número determinado de servidores en la

barra, aún se deben responder dos preguntas importantes: ¿Cuánto le cuesta al CIDT disponer de un número elevado de servidores logrando un tiempo muy pequeño o nulo de espera de los clientes, sacrificando la eficiencia de la agencia? y ¿Cuánto está dispuesto un usuario a esperar en una fila antes de abandonarla o antes de que cambie su estado de ánimo? El modelo de nivel de aceptación permite evaluar estas dos variables de forma que los usuarios esperen un tiempo prudencial sin que el CIDT sacrifique eficiencia en la utilización de sus recursos.

El modelo de nivel de aceptación reconoce la dificultad de estimar los parámetros de costo (debido a que es muy difícil, para la toma de decisiones, conocer el costo de espera de un cliente) y, por tanto, está basado en un análisis más directo. Emplea concretamente las características de operación de sistema al decidir sobre los valores óptimos de los parámetros de diseño.

En el modelo de servidores múltiples, donde se requiere determinar el valor óptimo del número  $S$  de promotores (servidores), las dos medidas en conflicto pueden tomarse como:

$W$  = Tiempo promedio de espera en el sistema

$X$  = Porcentaje de tiempo inactivo de los promotores

Estas dos medidas reflejan las aceptaciones del cliente y del promotor. Se toman  $\alpha$  y  $\beta$  como los niveles de aceptación para  $W$  y  $X$ . Entonces, el modelo de aceptación puede expresarse matemáticamente como sigue:

Determinar el número  $S$  de servidores tal que

$$W \leq \alpha \text{ y } X \leq \beta$$

La expresión para  $W$  se conoce de los análisis realizados en la sección inmediatamente anterior.

La expresión para  $X$ , de eficiencia del sistema, está dada por:

$$X = 100\left(1 - \frac{\rho}{k}\right) \quad (9)$$

### III. RESULTADOS

A partir del modelo estipulado se realiza la simulación para los dos grupos, donde se analizan los parámetros de porcentaje de tiempo ocioso, y el tiempo promedio en el sistema por cada una de las unidades, para lo cual se encuentran los siguientes resultados:

resumen los valores de  $W$  y  $X$  para diferentes  $S$  con los grupos I y II respectivamente.

TABLA IV  
RELACIÓN NÚMERO DE SERVIDORES CON TIEMPO EN SISTEMA Y

Grupo 1						
S	1	2	3	4	5	6
W (minutos)				0,9894	0,6617	0,5969
X %	0	0	0	20,238	36,190	46,825

PRCENTAJE DE SISTEMA VACÍO GRUPO I

TABLA V  
RELACIÓN NÚMERO DE SERVIDORES CON TIEMPO EN SISTEMA Y  
PRCENTAJE DE SISTEMA VACÍO GRUPO II

Grupo 2						
S	1	2	3	4	5	6
W (minutos)		1,4906	0,7551	0,6716	0,6559	0,6528
X %	0	25	50	62,5	70	75

Con las simulaciones se puede evidenciar que en el primer grupo, el sistema se hace estable con 5 servidores, es decir, con 5 funcionarios dispuesto a operar el sistema; para el caso del segundo grupo, el sistema se hace estable con 2 servidores, por otra parte, al hacerse estable el sistema, ya se cumple con el parámetro de que  $W$  sea inferior a 5 minutos, pero igualmente, el porcentaje de tiempo ocioso del sistema se hace muy alto (20,2 y 25% respectivamente) mientras que lo máximo esperado por parte de las directivas responsables de la operación de la línea de espera es de un promedio del 10%. En ese orden de ideas, se deben buscar otras alternativas para mejorar el sistema sin superar los límites establecidos por la operación. En ese sentido, la literatura alude a dos formas básicas de mejorar los parámetros de un sistema de colas [6]. La primera se ha mencionado con anterioridad, es decir, manipular el número de servidores; la segunda, es mejorar la tasa de servicio  $\mu$  de cada servidor; en esta segunda línea se direccionan los siguientes análisis.

### ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Para la evaluación de las alternativas propuestas, se decidió definir los siguientes criterios de valoración, los cuales se evalúan utilizando la técnica promedios ponderados [7]

- Costos
- Tasa media de servicio
- Seguridad
- Satisfacción del usuario
- Disminución del estrés

Estos criterios y sus respectivas valoraciones fueron designados por un grupo de personas involucradas en el proceso de mejora al sistema de registro del CIDT, entre ellos se encuentran [8]: Coordinador administrativo y financiero, Coordinadora de Bienestar al aprendiz, Instructor del área de electrónica, Directora de proyecto, Autores del documento y representante de los aprendices año 2015. Con esta herramienta se llega a la siguiente situación:

ALTERNATIVAS	CONTRA TAR SERVIDORES	DESIGNAR APRENDICES (3)	DESARROLLAR APLICATIVO
PROMEDIO PONDERADO	2,75	3,6	4,6

TABLA VI

PROMEDIO PONDERADO DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Luego de llevar a cabo el respectivo promedio ponderado de las alternativas para su evaluación, se hace evidente que la alternativa que más se adecúa a las necesidades de la cola es la de implementar una aplicación informática para mejorar la tasa media de servicio

Se implementó el software [9] y se hicieron algunas pruebas experimentales para definir cómo quedaría la tasa de servicio  $\mu$ . Ya determinada la misma, se procedió a realizar la respectiva simulación con los siguientes resultados:

TABLA VII

SIMULACIÓN FINAL CON EL USO DEL APLICATIVO

A	B	C	D	E	F
3	Yellow cells need user input values				
4	Inputs				
5	Unit of time	hour			
6	Arrival rate (lambda)	228 customers per hour			
7	Service rate (mu)	330 customers per hour			
8	Number of identical servers (s)	1 servers			
9	Outputs				
11	Direct outputs from inputs			X%	30,90909091
12	Mean time between arrivals	0.004 hour			
13	Mean time per service	0.003030303 hour			
14	Traffic intensity	0.690909091			
15	Summary measures				
17	Average utilization rate of server	69.1%			
18	Average number of customers waiting in line (Lq)	1.54439 customers			
19	Average number of customers in system (L)	2.23529 customers			
20	Average time waiting in line (Wq)	0.00677 hour			
21	Average time in system (W)	0.00980 hour			
22	Probability of no customers in system (P0)	0.30909 (this is the probability of empty system)			
23	Probability that all servers are busy	69.1% (this is also the "percentage who wait in queue")			
24	Probability that at least one server is idle	30.9% (this is also the "percentage who don't wait in queue")			

Tal y como se puede apreciar en la tabla anterior [10], con los resultados de la nueva tasa de servicio los parámetros del sistema son acordes con los requerimientos de los administradores del sistema, luego de lo cual, se propone la puesta en marcha de la ayuda de manera general en el CIDT.

#### IV. CONCLUSIONES.

Gracias al diagnóstico realizado en este documento, se logró obtener de manera clara cada uno de los aspectos que generaban aumentos en las demoras del proceso de registro utilizado en el CIDT, además de que fue el punto de partida para el direccionamiento al proceso de recolección de información. Esto fue posible gracias a la utilización de diferentes herramientas de calidad, tales como, diagrama de relaciones, 5s, listas de chequeo, encuestas, entre otros, pero fundamentalmente mediante la Teoría de Colas[11]; permitiendo generar alternativas de solución a los problemas

encontrados. Este fue el paso inicial para lograr una mejora en el proceso de registro.

#### REFERENCIAS.

- [1]. S. HILLIER, Frederick y J. LIEBERMAN, Gerald. Introduction to operations research: Queuing Theory. 8th edition. Dubuque, Iowa: McGraw-Hill, 2005. 834 p. Includes indexes.
- [2] GÓMEZ JIMÉNEZ, Fredy Alexander, Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente: Caracterización del Sistema Servicio [en línea]. En: REVISTA Universidad EAFIT. Abril, mayo, junio, 2008, Vol. 44, no. 150, p. 55 [consultado 15 de Febrero de 2016].
- [3] A. TAHA, Hamdy. Investigación de operaciones: Modelos de nacimiento y muerte puros (relación entre las distribuciones exponencial y de poisson) [en línea]. 9 ed. México, D.F: Alfaomega, 1995. 960 p.
- [4] NAHMIA, Steven. Análisis de la producción y las operaciones: teoría de colas. Primera edición. México: CECSA, 1999. p. 453
- [5] A. TAHA, Hamdy. Investigación de operaciones: Modelos de nacimiento y muerte puros (relación entre las distribuciones exponencial y de poisson) [en línea]. 9 ed. México, D.F: Alfaomega, 1995. 960 p
- [6] S. HILLIER, Frederick y J. LIEBERMAN, Gerald. Introduction to operations research: Queuing Theory. 8th edition. Dubuque, Iowa: McGraw-Hill, 2005. 834 p. Includes indexes.
- [7] M. GÓMEZ, Marcelo. Introducción a la metodología de la investigación científica: Las investigaciones exploratorias. Córdoba: Brujas, 2006. P. 65.
- [8] Blank, L., Tarquín, A., & Enriquez Brito, J. (2012). Ingeniería económica: Leland Blank , Anthony Tarquin y traducido por Javier Enríquez Brito (7a ed.--). México D.F.: McGraw Hill.

[9] Barbosa, R., & Rojas, A. (1995). Teoría de colas de espera: Modelo integral de aplicación para la toma de decisiones. revista Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte, 1, 73-78.

[10] Romaní, J. (1955). La teoría de las colas aplicada a un problema de producción industrial. Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa, 6(3), 253-261.

[11] De la Fuente García, D., & Díez, R. P. (2000). Teoría de líneas de espera: modelos de colas. Universidad de Oviedo.

# La Influencia de la Adición de Hidrógeno en el Desempeño de un Motor de Baja Potencia

Nohemy Gómez Casicote, Julián Ramiro  
Cantillo Velásquez, Arley Junior  
Rodríguez Martínez', Julián Camilo  
Gómez Guarín

*Escuela de Ingeniería de Producción,  
Instituto Universitario de la  
PazBarrancabemeja, Colombia*  
[nohemy.gomez@unipaz.edu.co](mailto:nohemy.gomez@unipaz.edu.co)  
[julian.cantillo@unipaz.edu.co](mailto:julian.cantillo@unipaz.edu.co)  
[arley.rodriguez@unipaz.edu.co](mailto:arley.rodriguez@unipaz.edu.co)

**Resumen** – En este proyecto de grado se realiza un prototipo de celda de hidrógeno para disminuir el consumo de combustible fósil y evaluar su eficiencia. Para ello, se efectúa un estudio sobre todos los términos que involucran su construcción como: el hidrógeno, los combustibles, los tipos de celdas y los sistemas actuales de funcionamiento en la motocicleta. Dando continuidad al desarrollo y ejecución del proyecto, se tienen en cuenta los datos obtenidos en la investigación, realizando un análisis de cada uno de los materiales que se utilizan y se selecciona el de mayor adaptación a lo que se requiere para la celda de hidrógeno. Posteriormente, se realiza un modelamiento de mediante el software CAD, para obtener las medidas exactas de la celda de hidrógeno y determinar el lugar y espacio que ocupa en la motocicleta. En función del rendimiento de la celda, se establece el número de placas de acero necesarias para la producción ideal de hidrógeno mediante el uso del flujómetro, teniendo en cuenta la medida en libras por minuto establecida. Con todos los componentes y el espacio ya establecido, se lleva a cabo el ensamble de la celda de hidrógeno y su instalación en la motocicleta, lo que mediante las pruebas cuantitativas permite determinar la eficiencia de la celda de hidrógeno en la motocicleta.

**Palabras Claves**- celda de hidrógeno, motor baja potencia,

**Abstract**- A hydrogen cell prototype is made to reduce fossil fuel consumption and evaluate its efficiency. To do this, a study is made on all the terms that involve its construction such as: hydrogen, fuels, types of cells and current operating systems on the motorcycle. Continuing with the development and execution of the project, the data obtained in the investigation are taken into account, performing an analysis of each of the materials that are used and selecting the one with the greatest adaptation to what is required for the hydrogen cell. Subsequently, a modeling is carried out using CAD software, to obtain the exact measurements of the hydrogen cell and determine the place and space it occupies in the motorcycle. Depending on the performance of the cell, the number of steel plates needed for ideal hydrogen production is determined by using the flow meter, taking into account the measurement in pounds per minute established. With all the components and the space already established, the assembly of the hydrogen cell and its installation in the motorcycle is carried out, which by means of the quantitative tests allows to determine the efficiency of the project in general.

**Keywords** - hydrogen cell, low power motor

## I. INTRODUCCIÓN

Gran parte de la energía que se utiliza en la actualidad, proviene de los combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural. Estas alternativas energéticas se reducen debido a la excesiva demanda de la industria en general y los métodos empleados para su obtención.

Los gases que producen el efecto invernadero y que son emitidos por los vehículos y motores que utilizan combustibles

fósiles, han motivado la investigación de nuevas combinaciones de combustibles y alternativas más eficientes, con el objetivo de disminuir la cantidad de dichas emisiones. La investigación de nuevas formas y fuentes de energía, dejan como resultado avances tecnológicos, que tratan de mitigar el impacto generado en el medio ambiente y que se perfilan a ser opciones más económicas y sostenibles.

El uso de hidrógeno como combustible comenzó hace muchos años a ser un gran atractivo para la investigación, unas de las razones más fuertes están reflejadas en la abundancia de este elemento y en el óptimo funcionamiento en motores de combustión interna.

Grandes industrias basan sus estudios y experimentos en la creación de automóviles que funcionen exclusivamente con hidrógeno, con el fin de reemplazar paulatinamente los motores que trabajan a diesel y gasolina. El uso de hidrógeno como único combustible, requiere una estructuración más completa, ya que conlleva a la construcción de infraestructuras que logren cubrir la demanda de los vehículos en funcionamiento. Mientras este objetivo se logra, la celda de hidrógeno es la opción más acertada.

Los inconvenientes más relevantes sobre los combustibles se le otorgan a la extracción de petróleo, quien es la responsable de daños ambientales difíciles de reparar, “los expertos en este asunto afirman que en un periodo de 20 a 100 años estas fuentes de energía llegarán a su escasez, es decir, se utilizarán totalmente”[1]. Mientras este periodo transcurre, el tiempo de los recursos naturales es más corto,

es por eso que una alternativa al uso de combustibles derivados del petróleo, es el uso de energías alternativas y la clave está en el uso del hidrógeno como fuente alterna de energía.

“El Municipio de Barrancabermeja cuenta con 70.084 motocicletas matriculadas a la fecha, según el último reporte del parque automotor de la dirección de tránsito y transporte”[2], lo que quiere decir que es el medio más utilizado en la ciudad. Los inconvenientes que se generan por la cantidad excesiva de estos vehículos son el gran consumo de combustible.

En las principales estaciones de gasolina de la ciudad el precio por galón de combustible es de 8.181 pesos, que hace relación al consumo semanal de un motociclista. Este dato se obtiene teniendo en cuenta las motos más vendidas que son de cilindraje 125 CC y por esta razón que se toma esta motocicleta para instalar la celda de hidrógeno y determinar la influencia de la adición de hidrógeno en el consumo de combustible fósil. En relación a estos datos, en Barrancabermeja hay un consumo promedio semanal de 265,295.97 litros de gasolina y ya que se conoce que es una cifra muy elevada; deben incorporarse alternativas que ayuden a disminuir el consumo excesivo y el impacto ambiental que se ha vivido por muchos años.

“Colombia emite un promedio de 178.2 millones de toneladas de dióxido de carbono al año, según el inventario nacional de gases efecto invernadero. La investigación realizada por expertos ambientales, según el periódico el *Heraldo*, reveló que el 44% de las emisiones totales del país proviene de la fabricación y quema de combustibles fósiles, por ejemplo, el transporte”[3].

Finalmente, además de generar una nueva fuente de combustible, la implementación de la celda de hidrógeno es una propuesta económica debido a los materiales que la componen.

El gasto más importante se realiza en la mano de obra, puesto que se necesita del conocimiento técnico mecánico para su correcta instalación.

Actualmente el uso de energía no renovable es imprescindible para cada uno de los procesos industriales, lo cual ha producido un incremento en el nivel de contaminación, también se ha generado una gran demanda de combustibles y un alza en sus precios. Por ello, se presenta una gran solución a este problema, la cual es la aplicación de una energía alterna como el hidrógeno, siendo éste una de las alternativas sustentables para sustituir en el futuro los derivados del petróleo. Por tal motivo se le debe dar continuidad al crecimiento investigativo de los usos del hidrógeno, que gradualmente podrá sustituir dichos precedentes del petróleo con ideas similares a las celdas o pilas de combustible.

Las celdas de hidrógeno se convierten en una alternativa innovadora y económica que promete generar un impacto positivo en la ciencia y medio ambiente; así mismo “algunas empresas como AUDI y BMW han dado inicio a la

implementación de pilas de combustible en los automóviles y los resultados han sido los esperados aunque es un proceso lento ya que no es sencillo reemplazar las fuentes de energía existentes”[4].

Buscando tener un gran impacto y proyección dentro la sociedad al disminuir el consumo de combustible y mejorar la eficiencia de los vehículos, surge la idea de diseñar un prototipo de celda de combustible que pueda inicialmente mitigar el gasto excesivo de gasolina en la ciudad de Barrancabermeja, mediante el uso de hidrógeno como combustible, a su vez generando un ahorro considerable de dinero.

Crear un prototipo de celda de combustible para la producción de hidrógeno, le abre la puerta a esta nueva alternativa como fuente de energía, donde se pueden desplegar muchos proyectos similares que permitan reemplazar paulatinamente los combustibles más utilizados, entre ellos la gasolina, que cada año incrementa su valor y emite gases tóxicos en su combustión que afectan el medio ambiente.

La inversión inicial para la instalación de la celda en las motocicletas es mínima, puesto que los materiales a utilizar son de bajo costo, por ello se convierte en un proyecto atractivo que se puede modernizar a futuro y poder utilizarlo no solo en medios de transporte sino también en máquinas que requieran combustible.

Con esta alternativa se busca reducir el consumo de combustible en un 20%, lo que equivaldría a una disminución de 53,059.19 litros de combustible en 70.084 motos anuales en Barrancabermeja.

## II. DESARROLLO

Para el diseño de un prototipo de celda de hidrógeno en una motocicleta y posterior evaluación del consumo de combustible se debe:

1. Determinar los requerimientos técnicos para la construcción del prototipo de celda de hidrógeno
2. Generar un esquema del prototipo de celda de hidrógeno teniendo en cuenta las especificaciones técnicas para su construcción.
3. Construir el prototipo de la celda de combustible, basados en los datos obtenidos con anterioridad y comprobar su correcta funcionalidad en la motocicleta.
4. Calcular la eficiencia de la celda de combustible, mediante la comparación de datos, antes y después de su montaje y prueba.

## 1. Determinar los requerimientos técnicos para la construcción del prototipo de celda de hidrógeno.

Se propone cada uno de los materiales necesarios para la construcción del prototipo de celda de hidrógeno para este caso en específico y para su utilización se toman en cuenta materiales que se ajustan al cumplimiento general del proyecto.

TABLA  
A1  
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE LA CELDA DE HIDRÓGENO

MATERIAL	CANTIDAD	FUNCIÓN
Láminas de acero	1	Energizar la celda, con el fin de realizar un proceso de electrolisis interno que permita la separación de las moléculas de hidrógeno y oxígeno. El diseño y la posición de las láminas, nos determinan cual debe energizarse con carga positiva o negativa.
Empaques	10	Este elemento compuesto de caucho, es el encargado de la separación de cada lámina y de permitir el paso adecuado de agua y por ende de los gases de salida después del procedimiento. El correcto ajuste de este elemento evita escapes de líquido o gas de la celda, lo cual se convierte en un aspecto importante al momento del ensamble.
Láminas de ajuste	2	La función de este material a los extremos de las láminas es cortar el flujo de energía y además, brindar el ajuste necesario evitando el escape del líquido o alguno de los gases. En este material se presenta la entrada de agua al sistema para el proceso de electrolisis y la salida de hidrógeno que alimenta el motor.
Acoples de manguera	2	Se encargan de brindar el ajuste a la salida y entrada de líquido y gas en la celda de hidrógeno.
Recipiente para verter la mezcla	1	Es el espacio donde se introducen los componentes para llegar a la celda de hidrógeno, exactamente el agua y la sosa caustica.
Manguera	2m	Es el medio por donde se transporta el líquido y los gases del sistema.
Abrazaderas	12	Ajuste preventivo para las mangueras utilizadas en la celda de hidrógeno.
Sosa caustica	2 kg	Brinda mayor capacidad de reacción al sistema para la obtención de hidrógeno en el procesos de electrolisis.
Pegamento	1	Utilizado para ajustar los acoples y mangueras a la celda de hidrógeno.
Filtros	1	Es un recipiente utilizado para purificar el gas de cualquier entrada de aire o humedad al sistema, lo cual puede afectar el funcionamiento del motor.
Arresallamas	1	Evita que el hidrógeno proveniente de la celda retroceda y cause una explosión.
Sistema plug and play	1	Aunque es opcional, nos sirve para tener un control directo sobre la celda de hidrógeno.
Tuercas	14	Brinda el ajuste a la celda de hidrógeno.

De acuerdo a las características de las láminas, se opta por trabajar con la lámina galvanizada, ya que el principio de funcionamiento de la celda de hidrógeno es con agua y esto puede prevenir en gran manera la corrosión y el desprendimiento de partículas en el proceso. Las láminas de acero son de calibre 3/16" argumentando una buena conductividad, fácil de moldear de acuerdo al diseño de la pieza.

Para el ensamble de los materiales es importante tener en cuenta que una fuga de gas puede ser un riesgo importante, por lo tanto, además de la calidad del material también se decide trabajar con un empaque recomendado por los distribuidores y trabajadores del sector mecánico como lo es el de silicona.

Para lamina de ajuste se escoge el acrilico y los factores para tomar la decisión fueron los siguientes: Resistente al agua, corta el flujo de corriente, permite la visualización del procedimiento, se puedan realizar orificios sin deteriorar su estructura y ideal para poder sellar con los O-ring (empaques).

Para este caso los acoples plástico son ideales para la celda de hidrogeno, por su peso y fácil adaptación al momento de sellarlo, ya que se pueden utilizar pegantes o formas de ajuste que no afecten el rendimiento de la celda.

La manguera plástica es ideal para trabajar en este proyecto de celda de hidrógeno ya que se ajusta a los elementos seleccionados con anterioridad y además es de fácil manipulación. Al momento de seleccionar el material hay que tener en cuenta la dimensión de este elemento y por factores como tamaño, peso y los fluidos que se van a manejar, la medida de la manguera es de 3/8".

En la evaluación del pegamento a utilizar se tienen en cuenta dos factores, el primero de ellos se basa en el correcto ensamble de las piezas escogidas y el segundo argumento en que ese pegamento actúe como sellante de posibles fugas, por lo cual se ha decidido trabajar con el pegamento basado en silicona, el cual puede cumplir esa función a cabalidad.

El filtro secador reúne la condición principal de lo requerido y es eliminar la humedad que pueda tener el gas, en este caso el hidrógeno, a su vez es un elemento poco complejo, pero cumple una función muy importante para la vida útil tanto de la celda como de las piezas de la motocicleta.

## 2. Generar un esquema del prototipo de celda de hidrógeno teniendo en cuenta las especificaciones técnicas para su construcción.

Para definir las dimensiones adecuadas de la celda de hidrógeno, tomando como referencia el lugar y el espacio que ocupará en el vehículo se deben tener en cuenta varios aspectos que influyen en el funcionamiento de la celda de hidrógeno y de la motocicleta en general, los factores son los siguientes:

- La celda de hidrógeno debe instalarse en un lugar visible, no puede estar dentro del baúl de la motocicleta o dentro de las pastas, ya que esto dificulta su llenado.
- La celda de hidrógeno se debe instalar en posición vertical para que pueda realizar correctamente el proceso de electrolisis.
- La celda de hidrógeno se debe instalar en un lugar donde se puedan realizar revisiones periódicas, para evitar posibles escapes de gas que afecten la eficiencia del proyecto.
- Hay que tener en cuenta un lugar en la motocicleta donde se pueda realizar un ajuste seguro, que soporte el peso de la celda de hidrógeno y que no afecte otras funciones que pongan en riesgo la seguridad del conductor y el pasajero.



Figura 1. Ubicación de la celda de hidrógeno en la motocicleta.

Se procede a modelar mediante un software CAD la estructura y los componentes de la celda de hidrógeno.

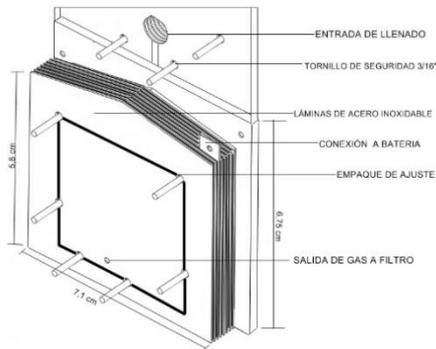


Figura 2. Celda de hidrógeno vista interior lateral.

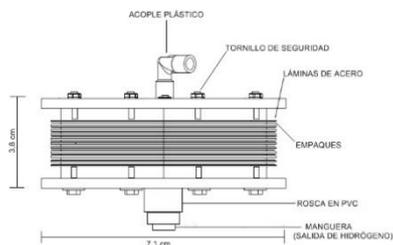


Figura 3. Celda de hidrógeno vista superior.

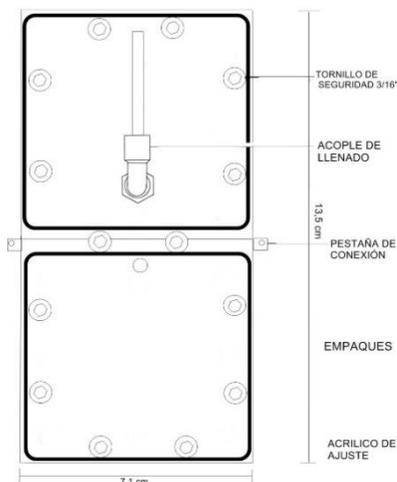


Figura 4. Celda de hidrógeno vista frontal.

3. Construir el prototipo de la celda de combustible, basados en los datos obtenidos con anterioridad y comprobar su correcta funcionalidad en la motocicleta.

Se realizó pruebas, para determinar la relación entre el número de láminas de acero y la producción de hidrógeno con el fin de determinar la cantidad de hidrógeno que debe producir la celda para ir a la admisión del motor, es necesario realizar pruebas con las láminas de acero hasta obtener el resultado deseado.

El trabajo con diferentes motores de combustión interna, permite utilizar esta tabla como información ya verificada y confiable para este proyecto.

TABLA  
A II  
CANTIDAD DE HIDRÓGENO QUE DEBE  
INGRESAR AL MOTOR

MATERIAL	CANTIDAD
125-250 CC	0,15
251- 750 CC	0,18
751- 1000 CC	0,2
1001-1600 CC	0,25-0,50

Para efectos de una correcta instalación y funcionamiento de la celda de hidrógeno, la cantidad adecuada de hidrógeno que debe ingresar al motor es de 0,15 litros/minuto, debido a que el cilindraje de la moto es de 125CC. Este elemento se utiliza con el fin de realizar la medición de hidrógeno en libras por minuto, proveniente de la celda. De esta forma no se afecta ninguna de las funciones normales de la motocicleta. Se procede a realizar las pruebas de relación en las láminas de acero y el hidrógeno producido y escoger la cantidad indicada para la celda.

Después de realizar las pruebas de la celda de hidrógeno mediante la medición del flujómetro, fue necesario ejecutar 4 pruebas que dieran la cantidad adecuada de hidrógeno en litros/minuto para el correcto funcionamiento del proyecto.

En las siguientes tablas se dan a conocer de forma específica los resultados en cada una de las pruebas.

TABLA  
III  
CANTIDAD DE HIDRÓGENO QUE DEBE  
INGRESAR AL MOTOR

NÚMERO DE LÁMINAS DE ACERO	CANTIDAD DE HIDRÓGENO PRODUCIDO EN L/min
3	0,4
4	0,9
5	0,13
6	0,15

Mediante la cuarta prueba a la celda de hidrógeno se obtiene el resultado esperado para el correcto

funcionamiento de la celda de hidrógeno, con la utilización de 6 láminas se da la aprobación para el montaje.

El ensamble de las piezas de la celda de hidrógeno se realiza por personal técnico mecánico especializado, teniendo en cuenta las medidas establecidas en los dibujos asistidos por computador y las recomendaciones realizadas por los datos obtenidos en la investigación.



Figura 5. Celda de hidrógeno

El montaje de la celda de hidrógeno se realiza parte de la empresa Servicio Técnico y se procede a la instalación de la celda en la motocicleta. Lo primero es identificar la entrada de hidrógeno que se realizó por el filtro de aire a la admisión del motor mediante una manguera que transporta el gas hidrógeno y que va a la admisión del motor y a su vez se realiza la instalación de cableado eléctrico para la conexión de la batería a la celda de hidrógeno.



Figura 6. Instalación de la celda de hidrógeno.

Las características de la celda hidrógeno son:

- 10 cc sosa caustica
- 50 cc de agua
- Batería de 12 voltios.

### III. RESULTADOS

Para calcular la eficiencia de la celda de hidrógeno se realizan pruebas estáticas que consisten en dar funcionamiento a la motocicleta sin la celda de hidrógeno y con la celda de hidrógeno, para comparar el consumo de combustible bajo unas condiciones específicas. La cantidad de pruebas realizadas fueron 30 y para cada prueba se tomo el tiempo en que se consumió todo el combustible establecido para dichas pruebas.

En la siguiente tabla se establecen las condiciones específicas en que fueron realizadas las pruebas.

TABLA  
IV  
CONDICIONES ESPECIFICAS PARA LA  
REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS

PRUEBAS ESTÁTICAS	
Estas pruebas estáticas, consisten en dar funcionamiento a la motocicleta sin la celda de hidrógeno y con ella en marcha, para comprobar el rendimiento del consumo de combustible, bajo unas condiciones específicas. Para lo cual se realizaran 30 pruebas.	
<b>Capacidad de tanque de la motocicleta:</b>	4,5 litros de gasolina
<b>Combustible establecido para cada prueba:</b>	500 mililitros
<b>Velocidad para prueba</b>	40 km/h constante. Para lograr esta aceleración, se gradúa el acelerador de la moto mediante la guaya logrando que sea constante mediante el tiempo de la prueba.
<b>Precauciones</b>	Las pruebas se deben realizar en días diferentes, ya que requieren de un tiempo considerable de aceleración constante y el exceso de este podría causar daños por recalentamiento del motor. Esta recomendación se realiza por parte de personal técnico mecánico.

TABLA  
V  
PRUEBAS ESTÁTICA SIN LA CELDA DE HIDRÓGENO

30 Pruebas	Tiempo en consumirse el combustible
<b>Total:</b>	18 horas y 18 minutos.

TABLA  
VI  
PRUEBAS ESTÁTICA CON LA CELDA DE HIDRÓGENO

30 Pruebas	Tiempo en consumirse el combustible
<b>Total</b>	22 horas y 8 minutos

TABLA  
VII  
RESULTADO DE LAS PRUEBAS EN GENERAL

Resultado de las pruebas estáticas sin la celda de hidrógeno.	
Combustible total establecido para la prueba:	15 litros
<b>Combustible para cada prueba:</b>	500 mililitros.

Tiempo total de las pruebas:	18 horas y 18 minutos
<b>Resultado:</b> Mediante 30 pruebas sin la celda de hidrógeno, se utilizan 500 mililitros por cada prueba hasta agotar el combustible, se establece una velocidad constante y se recolecta la información necesaria para su análisis.	
<b>Resultado de las pruebas estáticas con la celda de hidrógeno</b>	
<b>Combustible total establecido para la prueba:</b>	15 litros
<b>Combustible para cada prueba:</b>	500 mililitros
<b>Tiempo total de las pruebas:</b>	22 horas y 8 minutos
<b>Resultado:</b> Mediante las pruebas estáticas, se determina que hay un rendimiento considerable del consumo de combustible, debido al tiempo que tarda en consumirse los 500 mililitros por cada prueba.	
<b>Resultado porcentual general de las pruebas</b>	
(1091 minutos) (0.011 litros/minuto) = 12.001 litros 15 litros - 12.001 litros = 2.99 litros	
$x = \frac{(2.99 \text{ litros})(100\%)}{15 \text{ litros}} = 19,93\% \text{ de ahorro de combustible.}$	

Con el fin de dar una representación estadística se realiza un análisis de los datos para obtener valores que expresen una representación numérica en general en cada una de las situaciones y nos evidencie la confiabilidad de los datos.

TABLA VIII

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS SIN LA CELDA DE HIDRÓGENO

<b>Datos estadísticos sin la celda de hidrógeno</b>		
Con la incorporación de los datos en el software estadístico SPSS (Producto de Estadística y Solución de Servicio), se obtienen los siguientes resultados.		
<b>Tamaño de la muestra:</b>	30 datos	Número de pruebas realizadas sin la celda de hidrógeno.
<b>Media:</b>	36 minutos y 29 segundos	Es el valor promedio de los resultados obtenidos en las 30 pruebas.
<b>Mediana:</b>	36 minutos y 28 segundos	Es el dato que representa el punto central de las 30 pruebas realizadas.
<b>Moda:</b>	36 minutos y 33 segundos	Es el resultado de mayor frecuencia en las 30 pruebas.
<b>Menor Valor:</b>	35 minutos y 3 segundos	Es la prueba donde menor tiempo se tardó en consumirse el combustible.
<b>Mayor Valor:</b>	37 minutos y 7 segundos	Prueba donde se tardó más tiempo en quemarse el combustible.
<b>Rango:</b>	2 minutos y 4 segundos	Es la diferencia que existe entre la prueba de menor tiempo y en la de mayor tiempo que tarda la motocicleta en consumir el combustible.
<b>Varianza:</b>	0.47 segundos	Es la diferencia de tiempo que existe, entre cada prueba con el resultado de la (Media).
<b>Desviación estándar</b>	1 minuto y 8 segundos	Es el promedio de minutos y segundos que hay de diferencia entre las pruebas y la media.

TABLA IX

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS CON LA CELDA DE HIDRÓGENO

<b>Datos estadísticos con la celda de hidrógeno</b>		
Con la incorporación de los datos en el software estadístico SPSS (Producto de Estadística y Solución de Servicio), se obtienen los siguientes resultados.		
<b>Tamaño de la muestra:</b>	30 datos	Número de pruebas realizadas sin la celda de hidrógeno.
<b>Media:</b>	44 minutos y 29 segundos	Es el valor promedio de los resultados obtenidos en las 30 pruebas.
<b>Mediana:</b>	44 minutos y 14 segundos	Es el dato que representa el punto central de las 30 pruebas realizadas.
<b>Moda:</b>	43 minutos y 38 segundos	Es el resultado de mayor frecuencia en las 30 pruebas.
<b>Menor Valor:</b>	42 minutos y 18 segundos	Es la prueba donde menor tiempo se tardó en consumirse el combustible.
<b>Mayor Valor:</b>	45 minutos y 8 segundos	Prueba donde se tardó más tiempo en quemarse el combustible.

<b>Rango:</b>	4 minutos y 2 segundos	Es la diferencia que existe entre la prueba de menor tiempo y en la de mayor tiempo que tarda la motocicleta en consumir el combustible.
<b>Varianza:</b>	1 minuto y 33 segundos	Es la diferencia de tiempo que existe, entre cada prueba con el resultado de la (Media).
<b>Desviación estándar</b>	1 minuto y 36 segundos	Es el promedio de minutos y segundos que hay de diferencia entre las pruebas y la media.

Teniendo en cuenta los tiempos de exposición del motor, las pruebas estáticas se dividieron en dos sesiones 15 pruebas sin celda y dos sesiones de 15 con la celda en marcha. Lo que quiere decir que el análisis estadístico de confiabilidad que más se ajusta a estas condiciones es el método de coeficiente de Karl Pearson, donde podremos saber la confiabilidad de haber realizado las dos sesiones de pruebas en días diferentes.

Para la interpretación de los datos se utiliza tabla que contiene la escala del coeficiente correlación de los datos:

TABLA X  
ESCALA DE CORRELACIÓN DE LOS DATOS

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Se busca hallar el valor de  $r$  = coeficiente de correlación lineal en las 2 sesiones sin celda de hidrógeno, para ello vamos a utilizar la media aritmética de las dos pruebas.

Media aritmética prueba 1 ( $\bar{x}$ ): 36 minutos y 31 segundos

Media aritmética prueba 2 ( $\bar{x}$ ): 36 minutos y 4 segundos

TABLA XI

TABLA PARA HALLAR DATOS DEL COEFICIENTE DE PEARSON PARA LAS PRUEBAS SIN CELDA DE HIDRÓGENO

Prueba 1 (min)	Prueba 2 (min)	Prueba 1-x1	Prueba 2-x2	(Prueba 1-x1) <sup>2</sup>	(Prueba 2-x2) <sup>2</sup>	(Prueba 1-x1)(Prueba 2-x2)
36.39	36.33	0.8	0.29	1.6	0.23	0.58
36.14	36.15	-0.17	0.11	-0.34	-0.01	0.22
37.04	35.44	1.13	-0.6	2.26	1.07	-1.02
36.27	35.34	-0.4	-0.7	-0.8	0.28	-1.04
36.16	35.09	-0.15	-1.35	-0.3	0.20	-2.07
36.17	36.49	-0.14	0.45	-0.28	-0.06	1.30
37.06	37.28	1.15	1.24	2.30	1.42	2.48
35.49	36.34	-1.22	0.3	-2.44	-0.36	0.6
35.57	36.29	-1.14	0.25	-2.28	-0.28	0.50
35.3	37.42	-1.28	1.38	-2.56	-2.16	3.16
36.33	36.31	0.02	0.27	0.04	0.005	0.54
36.52	36.25	0.21	0.21	0.42	0.04	0.42
37.02	35.55	1.11	-0.49	2.22	0.54	-1.38
37.07	35.36	1.16	-1.08	2.32	-1.25	-2.16
36.43	35.08	0.12	-1.36	0.24	-0.16	-3.12

547.15	544.26			11.4 min	4.18 min	9.8 min
Nota: Los valores son convertidos a unidad de tiempo (minutos y segundos).						
■ Tiempos negativos.						

$$r = \frac{(\text{Prueba1 } \bar{x}_1)(\text{Prueba 2 } \bar{x}_2)}{\sqrt{(\text{Prueba 1 } \bar{x}_1)^2(\text{Prueba 2 } \bar{x}_2)^2}} = \frac{4.18}{\sqrt{(11.4)(9.8)}} = -0.39$$

La correlación que existe entre las pruebas es positiva, lo que quiere decir que hay confiabilidad en cuanto a las dos sesiones realizadas. La explicación de que sea baja, tiene que ver con factores netos de la motocicleta como temperatura, estado y funcionamiento del motor, que es donde se pueden presentar variaciones no controlables en cada prueba.

A continuación se muestra el cálculo de la correlación para las pruebas realizadas con la celda de hidrógeno. Se busca hallar el valor de  $r$  = coeficiente de correlación lineal en las 2 sesiones con celda de hidrógeno, para ello vamos a utilizar la media aritmética de las dos pruebas.

Media aritmética prueba 1 ( $\bar{x}$ ): 44 minutos y 16 segundos

Media aritmética prueba 2 ( $\bar{x}$ ): 44 minutos y 15 segundos

TABLA  
XII

TABLA PARA HALLAR DATOS DEL COEFICIENTE DE PEARSON PARA LAS PRUEBAS CON CELDA DE HIDRÓGENO

Prueba 1 (min)	Prueba 2 (min)	Prueba 1-x1	Prueba 2-x2	(Prueba 1-x1) <sup>2</sup>	(Prueba 1-x1)(Prueba 2-x2)	(Prueba 2-x2) <sup>2</sup>
45.13	44.46	1.37	0.31	3.14	0.42	1.02
43.38	43.17	-1.18	-1.38	-2.36	2.02	-3.16
44.08	43.29	-0.8	-1.26	-1.06	1.00	-2.52
43.36	44.49	-1.20	0.34	-2.40	-0.40	1.08
44.41	43.38	0.25	-1.17	0.50	-0.29	-2.34
44.38	45.08	0.22	1.33	0.44	0.29	3.06
42.29	44.44	-2.27	0.29	-4.54	-1.05	0.58
44.18	44.03	0.2	-0.12	0.4	-0.02	-0.24
43.42	43.09	-1.14	-1.06	-2.28	1.20	-2.12
44.18	45.24	0.2	1.09	0.4	0.21	2.18
45.20	44.11	1.04	-0.4	2.08	-0.41	-0.8
43.02	43.22	-1.14	-1.33	-2.28	1.51	-3.06
44.06	42.30	-0.10	-2.25	-0.20	0.225	-4.50
45.47	45.11	1.31	1.36	3.02	2.18	3.12
43.31	45.35	-1.25	1.20	-2.50	-1.05	2.40
662.45	662.26			10.38 min	9.05 min	13.44 min

Nota: Los valores son convertidos a unidad de tiempo (minutos y segundos).

■ Tiempos negativos.

$$r = \frac{(\text{Prueba1 } \bar{x}_1)(\text{Prueba 2 } \bar{x}_2)}{\sqrt{(\text{Prueba 1 } \bar{x}_1)^2(\text{Prueba 2 } \bar{x}_2)^2}} = \frac{9.05}{\sqrt{(10.38)(13.44)}} = -0.76$$

La correlación que existe entre las pruebas es positiva, lo que quiere decir que hay confiabilidad en cuanto a las dos sesiones realizadas. La explicación de que sea alta, están relacionadas con las condiciones de funcionamiento brindadas por la celda de hidrógeno.

### III. CONCLUSIONES

Los materiales, corte e instalación para la realización de la celda de hidrógeno tienen un costo estimado de \$457.000 pesos, su costo se puede reducir si se logran estandarizar varios de los procesos como los de corte y ensamble.

Teniendo en cuenta que el promedio de gasto mensual de combustible es de 4,5 galones que equivalen a 461.376 pesos

anuales, la inversión de la celda de hidrógeno es recuperada en aproximadamente un año.

Se realizó la prueba estática la cuales arrojó resultados que evidencian la correcta funcionalidad de la celda de hidrógeno en la motocicleta con un porcentaje de ahorro de combustible de 19,93% dando cumpliendo al objetivo principal de este trabajo de grado.

También se evidencia mediante un análisis estadístico que la correlación que existe entre las pruebas es de  $r= 0,76$  positiva, lo que quiere decir que hay confiabilidad en cuanto a las datos tomados en las dos sesiones realizadas.

Es posible utilizar hidrógeno como combustible para motores de combustión interna e ir remplazando los combustibles fósiles.

### REFERENCI AS

- [1] S. MADRUGA, Ramón. *Tendencias energéticas mundiales: Implicaciones sociales y ambientales*. [en línea]. Artículo, N°1. [La Habana, Cuba]: Centro de investigaciones de la economía mundial, mayo.2006 [Citado 8 Sep., 2016]. Disponible en internet: (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar20/HTML/articulo01.htm>)
- [2] INSPECCION DE TRANSITO Y TRANSPORTE. *Parque automotor consolidado por clase, primero informe*. Barrancabermeja, 2017 [citado 28 de enero del 2017]
- [3] EL HERALDO. Barranquilla. 7, Noviembre, 2015. 8 Sec. p 29.
- [4] SALAS, Alfonso. Audi se apunta a la moda del hidrogeno y presenta un coche de pila de combustible. Madrid: Revista Ecomotor, 2015. Vol.1. p 1. Disponible en internet: (<http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/6839508/07/15/BMW-ya-tiene-su-primer-coche-de-hidrogeno.html>).

# Influencia de la temperatura en la resistencia a la tensión y el módulo de Young de bioplástico elaborado a partir de almidón de yuca.

Cesar Augusto Guevara-Lastre<sup>1</sup>, José Sebastián Rincón-Acosta<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad - GREIP  
Instituto Universitario de la Paz

Km 14 vía Bucaramanga, Vereda el Zarzal, Centro de Investigaciones de Santa Lucía.  
Cesar.guevara@unipaz.edu.co, joserincon\_acosta@hotmail.com.

**Resumen-** La producción de bioplásticos es una alternativa para disminuir el uso de los plásticos comunes, sin embargo, los biopolímeros producidos presentan menores propiedades mecánicas, las cuales son influenciadas por la temperatura, porque influye en la liberación de la amilosa y amilopectina del granulo de almidón.

En esta investigación se evaluaron la resistencia a la tensión y el módulo de elasticidad de bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca, a tres niveles de temperatura 70, 80 y 90 °C, las cuales se encuentran por encima a la temperatura de gelatinización del almidón de yuca  $T_g = 65,2$  °C. La resistencia a la tensión obtenida, para cada 70 °C fue de 243,5 KPa; para 80 °C fue de 241,5 Kpa y para 90 °C correspondió a 273,5 KPa. Con relación al módulo de elasticidad, el bioplástico obtenido a 80 °C presentó un valor de 51,32KPa, siendo el mejor de los tres.

**Palabras Clave-** resistencia, almidón de yuca, bioplásticos, módulo de Young.

## V. INTRODUCCIÓN

Cada año se producen 300 millones de toneladas de plástico de este material a nivel mundial [1], los cuales pueden permanecer inalterables por un periodo de entre 100 y 300 años [2] y cuando estos se degradan pueden causar afectaciones a la reproducción de los seres vivos y causar posibles tipos de cáncer [3].

Una alternativa para la disminución en el uso de los plásticos, es la producción de biopolímeros a base de almidones, como el maíz, papa, yuca o ñame, los cuales permite producir bioplásticos, que pueden presentar menores tiempos de degradabilidad y poca producción de agentes tóxicos durante el proceso de degradación [4]. Sin embargo, no todas los bioplásticos elaborados a partir de fuentes mencionadas presentan las mismas propiedades mecánicas, debido, a las características fisicoquímicas que presenta cada una de las féculas [5] y además se deben tener presentes las condiciones elaboración como la temperatura y presión.

Para el proceso de elaboración, la temperatura de trabajo, la cual debe estar por encima de la temperatura de gelatinización. Porque, se asegura la liberación de los polisacáridos amilosa y amilopectina de los gránulos de almidón, y de esta manera los biopolímeros presenten buenas propiedades físicas y químicas.

El objetivo de este estudio fue establecer el comportamiento de las propiedades mecánicas (fuerza de tensión y módulo de Young) con relación a la temperatura de obtención de biopelículas obtenidas a partir de almidón nativo de yuca.

## VI. METODOLOGÍA

Para obtener los bioplásticos y evaluar sus propiedades mecánicas, se realizó el procedimiento mostrado en la figura 1.



Figura 1. Metodología general para la obtención y evaluación de las propiedades mecánicas de los bioplásticos.

La primera etapa consistió en lavar y pelar las raíces para remover toda la corteza de los tubérculos y proseguir con la etapa de disminución de tamaño, que consistió en rallar las raíces en un rallador metálico. Posteriormente, se realizó el filtrado, que consistió en agregar agua a la pasta y filtrarla a través de un paño poroso, para extraer el almidón de la fibra de los tubérculos, porque esta última no es soluble en agua, este paso se repitió hasta que el agua saliera translúcida a través de la tela. Luego se realizó la sedimentación en un recipiente durante 4 horas, para garantizar que gran parte del almidón suspendido se decante y así poder separar las fases líquida de la fase sólida y por último se tomaron la fécula obtenida y se colocaron a secar al sol durante tres días. Las cantidades de almidones obtenidos fueron de 425 g de almidón de yuca.

Para elaborar el bioplástico, primero se establecieron las proporciones de las diferentes sustancias para formar el biopolímero [6], como se muestra en la tabla 1.

Almidón	Almidón %	Agua %	Glicerina %	Temperatura °C	Agitación rpm
Yuca	10	85	5	70	250
				80	
				90	

Tabla 1. Proporciones de las materias primas y temperaturas

Luego de haber establecido las proporciones de las mezclas, para la obtención de los bioplásticos de almidón de yuca, se siguió el procedimiento mostrado en la figura 2

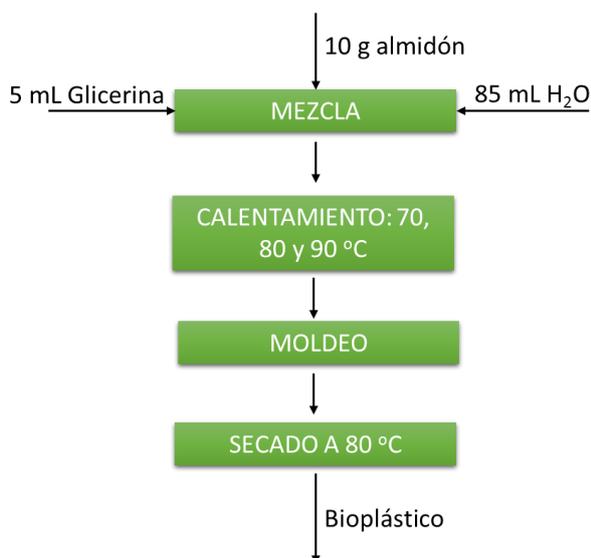


Figura 2. Procedimiento para la elaboración de bioplástico

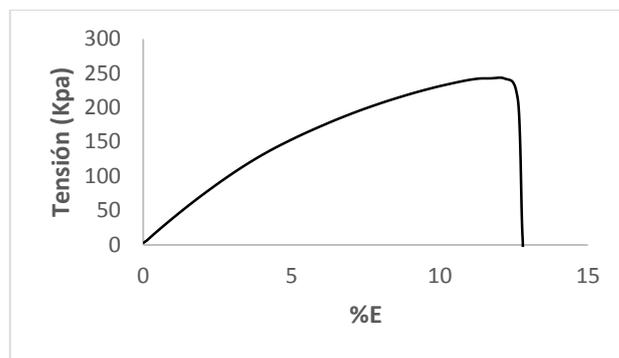
Para la elaboración de los bioplásticos, primero se prepararon las soluciones como se muestra en la tabla 1, en total se realizaron tres soluciones. Posteriormente se toma cada solución y se calienta hasta una temperatura de 70 °C, este paso se realiza con las restantes, pero a temperaturas de 80 y 90 °C, durante el proceso de calentamiento, se realizó una agitación constante de 250 rpm. Por último, se vertieron los geles formados en recipientes de aluminio y se ingresaron a un horno a una temperatura de 80 °C durante 3 horas, con la finalidad de evaporar la mayor cantidad de agua y así formar el bioplásticos.

La resistencia a la tensión se determinó como la fuerza requerida para estirar las muestras hasta su rompimiento, utilizando un analizador de textura (STABLE MICRO SYSTEMS, TA.XTplus). Para éste análisis se utilizó una celda de carga de 5 kgf, velocidad *pre-test* = 2 mm/s, velocidad *test* = 1 mm/s, velocidad *post-test* = 2 mm/s, altura inicial = 10 cm. La geometría de las probetas fue de 10 cm de largo, 1 cm de ancho y 2 mm de espesor.

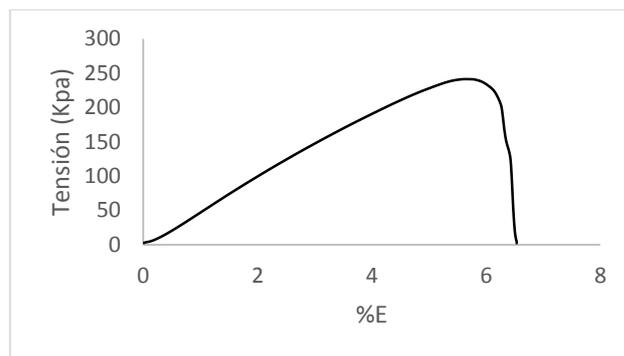
Para el cálculo del módulo de elasticidad se tomó la pendiente de parte lineal de la curva de las gráficas 1, 2 y 3 que corresponden a la tensión Vs %elongación [7]

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

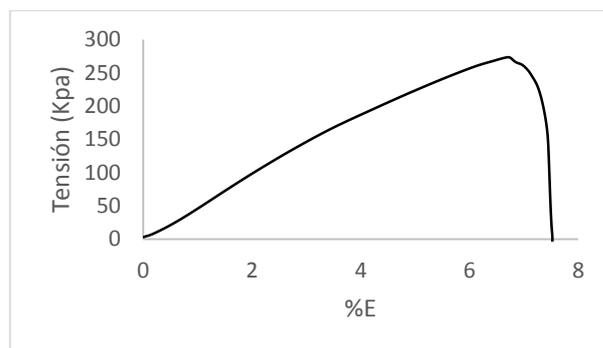
Se realizó la medición de la resistencia a la tensión, a los bioplásticos obtenidos a partir del almidón de yuca, con las temperaturas establecidas para su elaboración (70 °C, 80 °C y 90 °C). Utilizando un analizador de textura. Donde se obtuvieron las curvas mostradas en las gráficas 1, 2 y 3.



Gráfica 1. Resistencia a la Tensión Vs %Elongación T = 70 °C



Gráfica 2. Resistencia a la Tensión Vs %Elongación T = 80 °C



Gráfica 3. Resistencia a la Tensión Vs %Elongación T = 90 °C

De los gráficos 1, 2 y 3, se determina que la resistencia a la tensión para cada bioplástico formado fue de 243,5 KPa, 241,5 KPa y 273,5 KPa, para las temperaturas de 70 °C, 80 °C y 90 °C, respectivamente.

El módulo de Young para cada uno de las películas obtenidas fue 34,531 KPa; 51,324 KPa 50,112 KPa, para las temperaturas de 70 °C, 80 °C y 90 °C, respectivamente.

Para la resistencia a la tensión se observan que a temperaturas de 70 y 80 °C, son valores cercanos. Este comportamiento ocurre porque las temperaturas de 70 y 80 °C, están próximas a la temperatura de gelatinización del almidón de yuca, que es aproximadamente de 65 °C [8] y según Tester y Morrison esto ocasiona que la amilosa actúe como diluyente y como un inhibidor de la hinchazón [9], porque forma una matriz que rodea a los gránulos de almidón impidiendo que las demás moléculas de amilosa lleguen a la hinchazón y posterior liberación.

Por otro lado, un estudio realizado por García, Pinzón y Sánchez establecieron que los porcentajes amilosa-amilopectina, define ciertas propiedades funcionales del almidón, teniendo en cuenta la aplicación que se le puede dar

para el desarrollo de un producto específico, como ejemplo se tienen la formación de películas a partir de almidón, se relaciona directamente con el contenido de amilosa [10]

Otro estudio realizado por Mali *et al* establecieron que las cadenas de amilopectina poseen poca tendencia a interactuar, generando geles de amilopectina débiles, cohesivos y flexibles. Caso opuesto sucede con las cadenas de amilosa, porque estas tienen alta interacción en solución formando enlaces de hidrogeno y esto proporciona películas con mayor rigidez y fuerza [11]

Un estudio realizado por Navia y Bejarano en donde determinaron el módulo elástico de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca, los valores promedio obtenidos fueron de: 1,5 MPa para la resistencia a la tensión y 290, 94 MPa para el modulo elástico, los cuales son superiores a los obtenidos en este estudio, debido al uso de fibra de fique para reforzar las propiedades mecánicas en el estudio de Navia y Bejarano [12]

En otros estudios donde se utiliza el almidón de yuca para la elaboración de bioplásticos también se obtuvieron valores superiores a los reportados en este trabajo, como ejemplo se tiene los elaborados por Debiagi *et al* [13] donde se agregó alcohol polivinílico y aceites esenciales obtuvieron tensiones de 6 MPa. Por otro lado Kaewtatip *et al* [14] agregaron arcilla a los bioplásticos elaborados a base de harina de yuca y obtuvieron tensiones de 1,2 MPa.

## VIII. CONCLUSIONES

La temperatura es un factor que influye en las propiedades mecánicas, como la resistencia a la tensión y módulo de elasticidad de los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca a una temperatura de 90 °C, porque este presentó mayor resistencia a la tensión y fue el segundo en presentar un mejor módulo de Young.

Por otro lado, cuando las temperaturas de obtención de los bioplásticos se encuentran cercanas a las temperaturas de gelatinización de los almidones dificulta la formación de las biopelículas, porque no se produce la total hinchazón de todos los gránulos del almidón y no se produce la liberación de las estructuras poliméricas amilosa y amilopectina

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Universitario de la Paz y al Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad - GREIP

## REFERENCIAS

- [1] Industria colombiana de plástico mueve USD\$4.000 millones (Septiembre 2012).
- [2] VALAREZO. Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca (*Manihot esculenta*). Trabajo de grado de Ingeniería Química. Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja. 2012.
- [3] CARDONA, Alejandra. ¿Cuántas toneladas de plástico se producen anualmente en el mundo? [En línea]. 1ª ed. 2012.
- [4] MATÍAS CÓRDOBA, María Lola. Obtención de bioplásticos a partir de fécula de papa (de tercera categoría). Trabajo de grado de Ingeniería Química. Perú. Universidad Nacional mayor de san Marcos. 2009. 40 p
- [5] LEÓN, Fernando; PUPO, Nestor; GUEVARA, Cesar; ROBLES, Marín. Influencia de la relación amilosa/amilopectina en la resistencia de los adhesivos elaborados a partir de almidones nativos de yuca y ñame. *Revista CITECSA* 2016, 7, 25.
- [6] PALMA, Hilda; GALVEZ, Ana. Elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón extraído del maíz (*Zea mays*). Trabajo de grado. Ingeniería Química. Universidad De San Carlos De Guatemala. 2016.
- [7] AVILÉS RUÍZ, Gladys. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y Ciencia*. Septiembre 2006, Vol. 2, No 2, p. 5-28.
- [8] MEDINA, Marilyn; TORRUCO, Juan; CHEL, Luis; BETANCUR, David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 28(3): 718-726, jul.- set. 2008.
- [9] TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal Chem*. 1990a. 67:551
- [10] García, A.; Pinzón, F.; Sánchez, A. Extraction and functional properties of cassava starch, *Manihot esculenta*, ICA variety, as raw material for preparation of edible films. @limentech ciencia y tecnología alimentaria. V 11, No. 1, p. 13-21, año 2013
- [11] Mali, S., Karam, L. B., Pereira, L., Grossman, M. V. Relationships among the Composition and Physicochemical Properties of Starches with the Characteristics of Their Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(25):7720-7725. 2004
- [12] NAVIA, D; BEJARANO. Evaluation Of Physical Properties Of Thermopressing Bioplastics Made From Cassava Flour. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol 12 No. 2 (40-48) Julio - Diciembre 2014
- [13] Debiagi, F., Kobayashi, R., Nakazato, G., Panagio, L., and Mali, S. Biodegradable active packaging based on cassava bagasse, polyvinyl alcohol and essential oils. *Industrial Crops and Products*, 52(1), 2014, p. 664-670.
- [14] Kaewtatip, K., and Tanrattanakul, V. Structure and properties of pregelatinized cassava starch/kaolin composites. *Materials and Design*, 37(1), 2012, p. 423-428

# Diseño e implementación de una máquina descascaradora de semillas oleaginosas

José Vicente Miranda Sánchez, Marly Adriana Ortiz Moreno, Dirney José Jurado Hernández  
Instituto Universitario de la Paz

[Dirney.jurado@unipaz.edu.co](mailto:Dirney.jurado@unipaz.edu.co), [jose.miranda@unipaz.edu.co](mailto:jose.miranda@unipaz.edu.co), [marly.ortiz@unipaz.edu.co](mailto:marly.ortiz@unipaz.edu.co)

**Resumen-** Durante el desarrollo de este trabajo se diseñó y se llevó a cabo la construcción con las respectivas pruebas de una máquina capaz de fracturar las cáscaras de semillas de oleaginosas, con el fin de separar la cáscara del grano para extracción de aceite. El equipo permite realizar el proceso productivo desde la materia prima hasta la obtención de las diferentes partes que componen las semillas. El proyecto cuenta con un análisis detallado de la máquina, como el cálculo de esfuerzos, de potencia, el factor de seguridad, la selección de materiales y la estática de la estructura. Las partes constitutivas del equipo son: una tolva, motor, rodillos, bujes, ejes, poleas y engranes. El resultado obtenido fue una máquina capaz de fracturar el 95% de las semillas de oleaginosas que ingresan en ella.

**Palabras Clave-** Biocombustible, extracción, proceso, etapa, diseño, semilla.

**Abstract-** During the development of this work, the construction was carried out with the respective tests of a machine capable of fracturing the shells of oilseeds, in order to separate the shell from the grain to extract oil. The equipment allows to carry out the productive process from the raw material to the obtaining of the different parts that compose the seeds, the project counts on a detailed analysis of the machine, as they are the calculation of efforts, of power, the safety factor, the selection of materials and the static of the structure. The constituent parts of the equipment are: a hopper, motor, rollers, bushings, shafts, pulleys and gears. The result obtained was a machine capable of breaking 95% of the oilseed seeds that enter to it.

**Keywords:** Biofuel, extraction, process, stage, design, seed

## IX. INTRODUCCIÓN

Con el fin de coadyuvar con el mejoramiento de la capacidad de gestión tecnológica organizacional y productiva de las empresas de la región del Magdalena medio colombiano se decide emprender con este proyecto ya que actualmente no se cuenta con un equipo que permita descascarar semillas de oleaginosas destinadas a la extracción mecánica de aceite vegetal, para ser utilizado como prototipo, siendo su uso exclusivo en la industria, en las cuales estas descascaradoras son creadas por empresas con el fin de obtener materia prima con la cual se extraerá aceite vegetal. Teniendo en cuenta los argumentos expuestos, el alcance de este proyecto se enfoca en determinar y analizar el funcionamiento y los componentes que constituyen este tipo de equipos, siendo necesario aclarar que

el equipo a construir es un prototipo a escala que posteriormente puede ampliarse con fines industriales

## X. DESARROLLO

### A. ANTECEDENTES

Una descascaradora es una máquina que permite fracturar algún tipo de semilla con el fin de separar la pulpa de la cáscara para aprovechamiento de la primera y eliminación de la segunda. En la industria algodonera estas descascaradoras son creadas para obtener materia prima que se convertirá, mediante otros procesos, en aceite vegetal. La semilla se introduce en la descascaradora la cual se encarga de fracturarla para finalmente, mediante otros procesos, obtener la pulpa y de ella conseguir aceite vegetal [1]

En un proceso de descascarado, la materia prima en forma de semillas, debe llegar a la máquina descascaradora sin fibras, es por eso que antes estas semillas pasan por un proceso de desfibrado. La separación de semillas por densidades se hace por medio de malleo o por aspiración, de esta forma se asegura que semillas muy grandes o muy pequeñas no ingresen a la máquina, las demás semillas ingresarán a la descascaradora a través de una tolva. Después de haber ingresado, dependiendo del proceso de descascarado que se utilice, estas serán trituradas separando la cáscara de la fibra carnosa para la extracción del aceite vegetal. Por último, la cáscara es separada de la fibra carnosa para más adelante llegar a obtener aceite vegetal [2]

Para realizar dicho proceso de descascarado existen tres procesos: el realizado por medio de bandas, el realizado por medio de discos y, finalmente, el que se realiza por medio de rodillos. Los tres procesos son eficientes y su fin es la obtención de la fibra carnosa o pulpa [3]

Descascaradora de Banda. Este proceso es el más usado actualmente, consiste en una platina cóncava con cuchillas horizontales fijas colocadas en contacto con una segunda serie de cuchillas giratorias en un eje horizontal, de esta forma las semillas penetran entre las dos series de cuchillas que parten o triturar las cáscaras. [4]

Descascaradora de Discos. Esta descascaradora es parecida a un molino de fricción, tiene dos discos, uno rotatorio y uno fijo (Ver figura 1). La superficie de cada disco tiene ángulos salientes o cuchillas que irradian del centro. Los discos son cóncavos a fin de que las semillas puedan entrar del centro y caminar por fuerza centrífuga hacia las orillas exteriores donde

son partidas o trituradas entre las cuchillas giratorias y las fijas. [4]

Descascaradora de Rodillos. Este tipo de descascaradora está compuesta por dos rodillos (Ver figura 2) los cuales tienen unas estrías que facilitan el paso de las semillas entre la cavidad que se encuentra entre estos. La materia prima pasa a través de los cilindros y estos parten la semilla de modo que el resultado es la separación de la cáscara y la pulpa [5]

## B. METODOLOGÍA

Según Taylor y Bodgan quienes señalan: “La metodología es simultáneamente tanto la manera cómo enfocamos los problemas, como la forma en que le buscamos las respuestas a los mismos, es el camino a seguir donde se incluye el tipo de investigación, el método y los instrumentos para la recolección de la información” [6]

Esta investigación se apoya desde lo teórico con el aporte de Stake, [7] en la metodología que tiene la siguiente estructura: Describir el objeto o fenómeno, no solamente su aspecto externo sino también su estructura interna. Explicar las razones porqué es el objeto como es. Predecir el futuro del objeto. Planear las mejoras al objeto o a otros objetos similares, o reunir opiniones sobre él, es decir un acercamiento normativo.

De igual forma, se apoya en los lineamientos de la investigación descriptiva y experimental, pretendiendo describir una situación como es la identificación de la necesidad de diseñar y elaborar una máquina descascaradora de semillas de oleaginosas y realizar el proceso experimental con respecto a la adecuada forma de operación, utilización y aprovechamiento de la misma para el tratamiento de la semilla del Tempate, realizando la evaluación económica para la construcción de la misma.

Entre las técnicas a utilizar se plantea la revisión documental, con el fin de analizar las características de las piezas para seleccionarlas según la necesidad del proceso tales como los parámetros de temperatura, velocidad de corte, se definen las especificaciones y la geometría de la máquina descascaradora para su posterior elaboración y ensamble, mediante la asesoría de una empresa con experiencia en la fabricación, puesto que no se posee experiencia en el diseño de este tipo de máquinas.

La metodología durante las pruebas de la máquina descascaradora de semillas se desarrolló para saber con exactitud qué cantidad de pulpa y de cáscara hay en cierta cantidad de semillas procesadas.

Las pruebas se realizaron de dos formas: la primera fue una prueba manual de 100g de semillas *Jatropha Curcas*, la cual reveló el porcentaje de cáscara y pulpa que había en esa cantidad, posteriormente, estos primeros datos se compararon con los de las segundas pruebas que fueron realizadas en la máquina con cantidades de 20g y 100g de semillas *Jatropha Curcas*.

## XI. RESULTADOS OBTENIDOS

### A. DISEÑO DETALLADO DE LA MÁQUINA DESCASCARADORA

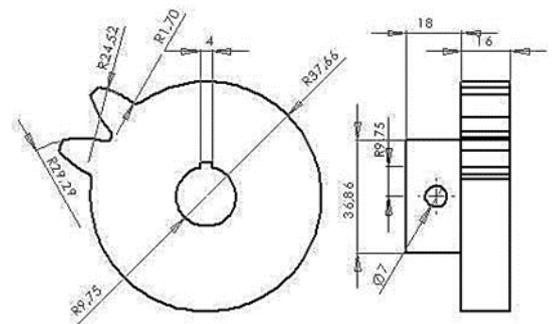
- **Engranajes:** Los engranes de esta máquina fueron diseñados de la siguiente forma:

El diámetro exterior ( $D_e$ ) seleccionado para los engranes es de 100mm y un modulo ( $M$ ) adecuado a utilizar para los dientes es de 5.75mm (Estos dos datos son criterios de diseño teniendo en cuenta lo dicho anteriormente en la selección del material del engrane).

Después de definir un  $D_e$  y un  $M$  se puede calcular el número de dientes ( $N$ ) que tendrán los engranes.

Con estos resultados se calcula el diámetro primitivo ( $D_p$ ), el diámetro interior ( $D_i$ ), El paso ( $P$ ), el espesor del diente y el espacio entre dientes se calculan de la misma manera, eso quiere decir que son iguales. Así mismo, se calcula la altura total del diente ( $h$ ) y por último se obtiene el radio del pie del diente ( $r$ ), los cuales pueden observarse en la Figura 1.

El ángulo de presión ( $\phi$ ) para engranes que tienen entre 14 y 17 dientes es de  $22.5^\circ$ , este valor permite calcular el diámetro del círculo de trazado (CT)



Módulo	5.75
Diámetro Exterior	100 mm
Diámetro Interior	72.82 mm
Diámetro Primitivo	86.25 mm
Paso	1.7 mm
Espacio entre dientes	8.5 mm
Altura del diente	12.5 mm
Ángulo de Presión	$22.5^\circ$
CT	79.68 mm
Número de dientes	15

Fig 1. Plano del Engrane. Escala 1:1. Medida en milímetros.

- **Tipos de soportes y condiciones de frontera.** Los tipos de soportes utilizados en esta prueba fueron dos soportes cilíndricos debido a que los bujes y ejes tienen forma cilíndrica, uno de estos está ubicado en el extremo del eje secundario (eje corto) y otro está ubicado en medio del eje principal (eje largo).

Las condiciones de frontera fueron las cargas críticas del sistema. A lo largo del cilindro se aplicó una fuerza Normal (FN) que en la gráfica está

representada por el valor 427.008N y una fuerza horizontal (FH) cuyo valor es 128.1N (Ver figura 2).

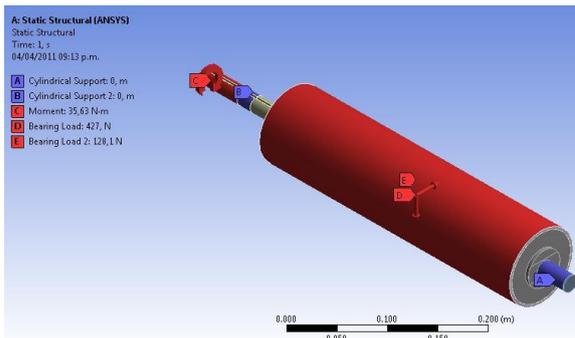


Fig 2. Tipos de apoyos.

• **Esfuerzo cortante máximo.** El esfuerzo cortante máximo que se obtuvo por medio del software ANSYS (Ver figura 3) con un valor máximo de 86.34Mpa, está localizado en el eje secundario (eje corto). Este valor que se obtuvo indica que el eje puede soportar las cargas que recibe.

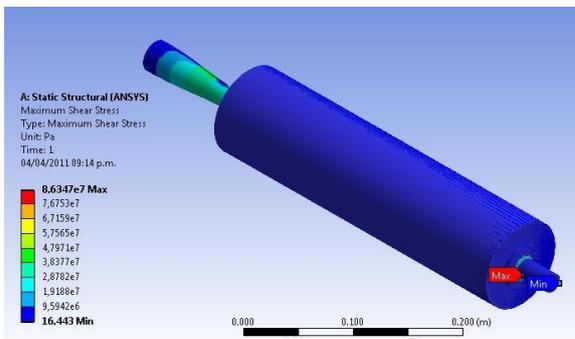


Fig 3. Esfuerzo Cortante Máximo

• **Esfuerzo equivalente.** El esfuerzo equivalente que se obtuvo por medio del software ANSYS (Ver figura 4) con un valor máximo de 149.59Mpa, está localizado en el eje secundario (eje corto). Este valor que se obtuvo indica que el eje puede soportar las cargas que recibe sin sufrir mayores daños.

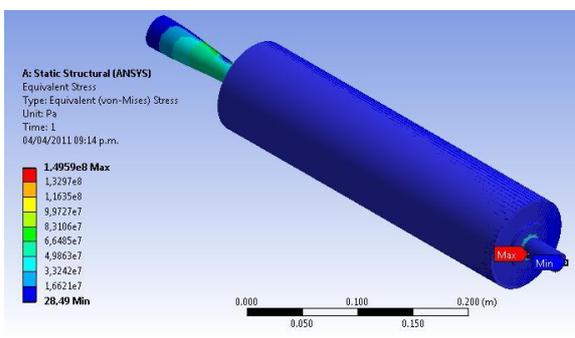


Fig 4. Esfuerzo Equivalente

• **Deformación total.** La deformación total que se ha obtenido para el eje que recibe la potencia transmitida por el motor (eje principal) por medio del software ANSYS (Ver figura 5) es de  $3.7653 \times 10^{-5}$  m ubicada en el extremo del eje. El resultado indica que el material ha sufrido una leve expansión probablemente causada por la velocidad de giro y por los pesos de

otros componentes de la máquina que están recargados sobre este, como lo son la polea y el engrane, sin embargo esto no afecta la integridad del componente.

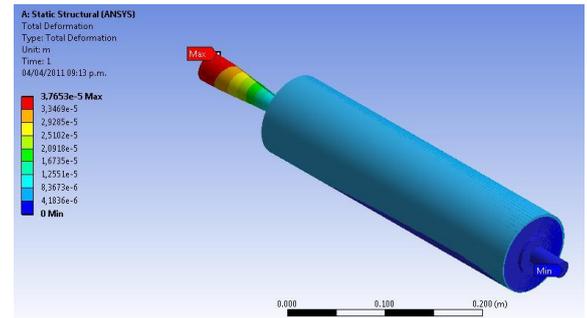


Fig 5. Deformación Total

• **Factor de seguridad del esfuerzo cortante máximo.** El factor de seguridad que se ha obtenido para el eje que recibe la potencia transmitida por el motor (eje principal) por medio del software ANSYS (Ver figura 6) es de 2.02, el cual indica que los parámetros de diseño para esta pieza son los adecuados ya que ésta puede soportar las cargas que recibe.

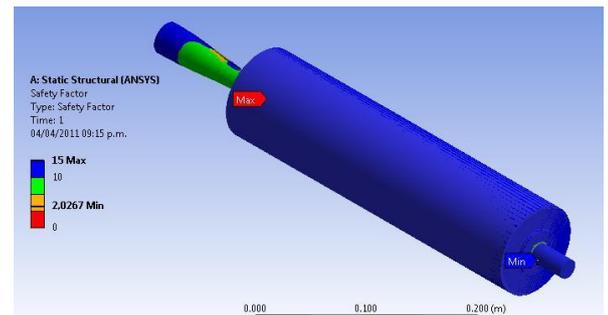


Fig. 6. Factor de Seguridad del esfuerzo Cortante.

• **Factor de seguridad del esfuerzo equivalente.** El factor de seguridad que se ha obtenido para el eje que recibe la potencia transmitida por el motor (eje principal) por medio del software ANSYS (Ver figura 7) es de 2.33, el cual indica que los parámetros de diseño para esta pieza son los adecuados ya que ésta puede soportar las cargas que recibe.

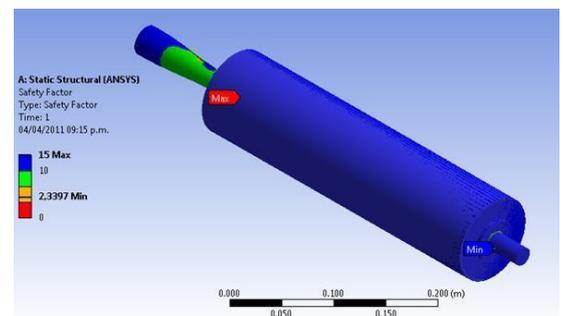


Fig. 7. Factor de Seguridad del esfuerzo Equivalente

### B. REALIZACIÓN DE PRUEBAS

La máquina fractura la semilla para facilitar la posterior separación de los componentes de la misma, la figura 8 muestra las semillas después de atravesar los rodillos.



Fig. 8. Semillas de oleaginosas después de atravesar los cilindros.

- **Prueba manual de 100g.** En esta prueba se separaron 100g de pepas de algodón manualmente, las figuras 9 y 10 muestran la cantidad de pulpa y cáscara después de realizar la prueba.



Fig. 9. Pulpa de las semillas



Fig. 10. Cáscaras de las semillas

TABLA I. PRUEBA MANUAL DE 100 g

PRUEBA MANUAL (100g)	Cantidad de Pulpa (g)	Cantidad de Cáscara (g)
	51g	49g

Este resultado indica que en 100g gramos de semillas 51g son de pulpa y 49 g son de cáscara.

- **Pruebas de 20g.** Se realizaron 5 pruebas de 20g en la máquina con el fin de encontrar un promedio de pulpa y cáscara en esa cantidad de semillas, (véase figura 11).



Fig 11. Realización de pruebas de 20g

TABLA II. PRUEBA DE 20 g

	Cantidad de Pulpa (g)	Cantidad de Cáscara (g)
PRUEBA 1	10.2g	9.8g
PRUEBA 2	11g	9g
PRUEBA 3	10.1g	9.9g
PRUEBA 4	10.2g	9.8g
PRUEBA 5	10.7g	9.3g

Después de realizar las cinco pruebas de 20g se puede decir que en promedio hay 10.44g de pulpa y 9.56g de cáscara.

- **Pruebas de 100g.** Con el mismo propósito de las pruebas de 20g, estas pruebas de 100g realizadas en la máquina se hicieron con el fin de encontrar un promedio de pulpa y cáscara en esa cantidad de semillas de algodón.

TABLA III. PRUEBA DE 100 g

	Cantidad de Pulpa (g)	Cantidad de Cáscara (g)
PRUEBA 1	53g	47g
PRUEBA 2	51g	49g
PRUEBA 3	50.6g	49.4g
PRUEBA 4	52.1g	47.9g
PRUEBA 5	51g	49g
PRUEBA 6	50.2g	49.8g
PRUEBA 7	51.4g	48.6g
PRUEBA 8	51.2g	48.8g
PRUEBA 9	51g	49g
PRUEBA 10	51.1g	48.9g

Después de realizar las 10 pruebas de 100g se puede decir que en promedio hay 51.25g de pulpa y 48.74g de cáscara

Analizando los resultados obtenidos en las distintas pruebas, se comprobó que el componente de la semilla de algodón con mayor peso es la pulpa, esto es conveniente al momento de realizar la extracción del aceite vegetal y que entre más grande sea la semilla más cantidad de aceite se podrá extraer.

La máquina fracturó el 80% de las semillas que pasaron a través de los rodillos, algunas de ellas aun contenían gran cantidad de follaje lo que dificultó la fractura en su totalidad, sin embargo, las semillas fueron fracturadas totalmente lo que permitió posteriormente separar fácilmente la cáscara de la pulpa.

## XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se diseñó, construyó y probó una máquina descascaradora de semillas oleaginosas mediante la utilización de un sistema de rodillos que permitió obtener una fibra carnosa la cual servirá para conseguir por medio de otros procesos aceite vegetal.

Se elaboraron los planos detallados de la máquina descascaradora de semillas oleaginosas con base en los procesos de diseño y simulaciones realizadas.

El esfuerzo cortante máximo y el esfuerzo equivalente calculados mediante el software de elementos finitos ANSYS V11.0 indican que el cilindro de la máquina descascaradora de semillas puede soportar cargas verticales y horizontales sin inconvenientes con un factor de seguridad (n) mínimo de 2.11 y 2.43. Esto se debe a que los esfuerzos no superan al esfuerzo último de los materiales seleccionados.

Se concluyó que para obtener un mejor descascarado de las semillas, se deben separar los rodillos al máximo para que de esta forma la semilla atraviese los rodillos sin ser triturada. Al realizar el proceso de descascarado de esta forma, se puede ver como resultado la fractura de la semilla para posteriormente separar sus componentes.

Se debe verificar en el funcionamiento del motor su vida útil, para realizar mantenimiento y cambio de mecanismo

Se debe realizar inspección a todos los mecanismos de manera constante para evitar paradas inesperadas.

Cumplir con tiempos de mantenimiento de acuerdo a los establecidos según horas de trabajo, e inspeccionar constantemente cada una de las piezas y si alguna presenta algún desgaste realizar cambio.

Tener control de la máquina cuando este en stand-by para evitar daños o pérdida de piezas.

Contar con kit de herramientas para armar y desarmar el equipo, un kit de limpieza para los mecanismos internos.

## REFERENCIAS

[1] Usach, Leandro. Algodón. Ed. Argentina: Monografías, ago 2008. Disponible en: <<http://www.agriculturayganaderia.com>>, Citado 10 diciembre de 2014.

[2] Harina y semilla de algodón. Ed. España: UCO. Disponible en: <<http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/tablas/protvegTEX.PDF>>, Citado 12 noviembre de 2014.

[3] Prado, Alberto Borrero. Enciclopedia Agropecuaria Ingeniería y Agroindustria. 2 ed. Terranova Editores. Bogotá, 2001.

[4] Usach, Leandro. Algodón. Ed. Argentina: Monografías, Agosto 2008. Disponible en: <<http://www.agriculturayganaderia.com>>, Citado 10 diciembre de 2014.

[5] Procesamiento de cereales /Intermediante Technology Development Group. United Nations Development Fund for Women. Segunda edición. Lima, 1998. Disponible en: <<http://www.fao.org>>

[6] Taylor, S. Bogdan, R (1992). Introducción a los métodos cualitativos de investigación. Barcelona: Paidós

[7] Stake, R. (1998) Investigación con estudio de casos. (trad.). Roc Filella. 3ª ed. Madrid: Ediciones Morata.

# Sistema de Potencia y Control para la simulación en el arranque de motores

Marly Adriana Ortiz Moreno, Jose Vicente Miranda Sánchez, Cristhian Javier García Landinez, Victor Manuel Salazar Beltrán

Instituto Universitario de la Paz

[Marly.ortiz@unipaz.edu.co](mailto:Marly.ortiz@unipaz.edu.co), [jose.miranda@unipaz.edu.co](mailto:jose.miranda@unipaz.edu.co), [cjgarcia9810@gmail.com](mailto:cjgarcia9810@gmail.com),  
[victor.manuel84\\_9@hotmail.com](mailto:victor.manuel84_9@hotmail.com)

**Resumen**— Este trabajo consistió en la elaboración de un sistema que unifique potencia y control para el arranque de motores mediante un método operativo, como contribución para facilitar la enseñanza de ésta área. La idea nace de la experiencia obtenida en las prácticas realizadas en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) de Barrancabermeja por medio de bancos de potencia marca Schneider y reconocimiento de la funcionalidad de tableros de control en otras instituciones. Gracias a las buenas prácticas identificadas en estas instituciones mediante el diagnóstico de las herramientas utilizadas para la simulación de arranque de motores, se realiza una propuesta que consolida los dos sistemas, obteniéndose características de ambos diseños y el mejor beneficio posible a la hora de realizar las clases prácticas. Por medio del programa Solidworks se elabora un prototipo de la estructura que va a contener los elementos electromecánicos que hacen parte de este sistema.

**Palabras clave**— Control, Guías, Máquinas Eléctricas, Motor Eléctrico, Potencia, Prácticas de laboratorio, Simulaciones.

**Abstract**- This work consisted in the elaboration of a system that unifies power and control for the starting of motors by means of an operative method, as contribution to facilitate the teaching in this area. The idea is born from the experience gained in the practices carried out in the Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) of Barrancabermeja through Schneider brand power banks and recognition of the functionality of control boards in other institutions. Thanks to the good practices identified in these institutions through the diagnosis of the tools used for the simulation of engine starting, a proposal is made that consolidates the two systems, obtaining characteristics of both designs and the best possible benefit when making the practical classes. Through the Solidworks program, it was made a prototype of the structure that will contain the electromechanical elements that are part of this system

**Keywords:** Control, Guides, Electrical Machines, Electric Motor, Power, Labs, Simulations

## XIII. Introducción

Los profesionales en áreas afines a eléctrica, electrónica, electromecánica, mantenimiento industrial etc; en cualquiera de las modalidades requieren adquirir competencias en temas relacionados con los motores eléctricos. Es por ello que La construcción de este sistema tiene como propósito facilitar a los estudiantes la comprensión y puesta en práctica de conocimientos técnicos que integren la teoría adquirida en la

en el área de Máquinas Eléctricas frente a los conceptos potencia y control de un motor, donde se realicen pruebas minimizando los riesgos que puede tener un ambiente real de operación.

“En la actualidad un banco de pruebas se define como una máquina herramienta desarrollada con la finalidad de comprobar de manera experimental las distintas variables de funcionamiento de ciertos dispositivos”[1], mediante la utilización de instrumentos electromecánicos para potencia y control, siendo usados debido al nivel de seguridad que manejan. Estos sistemas son accionados por medio de contactores, lo que facilita el montaje y desmontaje de los distintos componentes que conforman los dispositivos de control, puesto que sus medidas se encuentran estandarizadas a un riel din.

El Sistema de Potencia y Control (SPC) es una herramienta de simulación que tiene varios beneficios frente a otros sistemas similares como son el tablero de control o el banco de pruebas, obteniendo la mayoría de ventajas que estos tienen en un solo sistema, debido a que cuenta con una estructura estable, conexión por medio de bananas apilables, control de seguridad eléctrica al momento de energizar, permite distintos tipos de arranque de motor, clara nomenclatura de los componentes del sistema de control, tablero acrílico transparente que facilita la visualización de los elementos electromecánicos conectados, mínimo deterioro de las piezas por manipulación, optimización de tiempo y materiales en las prácticas.

Para la construcción de dicha herramienta se implementaron contactores, cabezas auxiliares, relés térmicos, disyuntor termo magnético, lámparas piloto y pulsadores.

El obtener un sistema de potencia y control facilita el acceso directo a prácticas de laboratorio en Máquinas Eléctricas, mediante la implementación de guías de trabajo centradas en temas de estudio como el arranque directo de un motor y conexión para motor eléctrico de doce puntas, arranque directo de un motor, arranque directo e inversión de giro de un motor trifásico asíncrono, arrancador conmutable para un motor trifásico asíncrono, accionamiento de tres motores secuencialmente de forma manual.

## XIV. Desarrollo

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación – ICFES en el Módulo de Ensamblaje, mantenimiento y operación de maquinaria y equipos [2], establece como competencias para evaluar a los futuros profesionales las siguientes:

- “Interpreta en planos, diagramas o esquemas, la simbología y los procedimientos que se requieren para el ensamblaje de máquinas y equipos.
- Analiza el funcionamiento de los elementos constitutivos de un sistema eléctrico, electrónico, mecánico, hidráulico y neumático.
- Analiza opciones de procedimientos para el ensamble y montaje de maquinaria y equipos, con base en normas y conocimientos técnicos.
- Identifica elementos, dispositivos o equipos de medición y herramientas usados en la instalación y ensamblaje de equipos y analiza resultados de mediciones.
- Identifica secuencias lógicas de la operación de máquinas o equipos.
- Diferencia tipos de equipos y máquinas de uso industrial y su funcionamiento.
- Evalúa procedimientos o acciones de seguridad industrial relacionada con el montaje, la instalación, la puesta en marcha y/o el mantenimiento de máquinas o equipos.
- Recomienda acciones para minimizar el impacto ambiental de actividades de ensamblaje, instalación o mantenimiento de máquinas o equipos”.

En pro de mejorar las competencias anteriormente mencionadas para los futuros profesionales en áreas de electricidad, electrónica, electromecánica, mantenimiento industrial y afines; se propuso un prototipo de Sistema de Potencia y Control que permita poner en práctica los conocimientos adquiridos específicamente en Máquinas Eléctricas mediante la implementación de guías de trabajo

#### A. ANTECEDENTES

MERIZALDE [3] refiere que debido a la falta de un tablero o banco de prueba que permita a los estudiantes realizar prácticas donde se pueda analizar de manera integral el comportamiento de los motores y generadores de corriente continua, propusieron el diseño y construcción de una consola de pruebas especialmente para máquinas DC (motores de corriente continua), lo que facilitará realizar prácticas para el estudio e investigación de los motores y generadores de corriente continua, convirtiéndose en una valiosa herramienta para el aprendizaje de los alumnos y la enseñanza por parte de los profesores.

De igual forma, en la Universidad del Atlántico, Amato *et al* [4] proponen la “creación de un sistema electroneumático como recurso para la enseñanza de las asignaturas relacionadas con la Instrumentación Industrial, Automatización, Controladores Lógicos Programables, Hidráulica y Neumática en el programa de Ingeniería Mecánica.

La anterior información, permite concluir que la construcción de tableros y bancos de pruebas es una de las opciones que plantean los estudiantes en los proyectos para dar respuesta al mejoramiento de las competencias adquiridas del saber siendo necesario integrar fundamentos teóricos con los prácticos en la formación profesional.

Por otra parte, los ambientes industriales y agroindustriales, se encuentran rodeados de generadores, motores, transformadores, contactores, controladores, fusibles y toda clase de dispositivos y equipos necesarios para la producción y transformación de materias primas o productos.

De acuerdo con ACEVEDO [5], los primeros sistemas de control estaban conformados por cadenas lógicas de dispositivos electromecánicos; actualmente los procesos productivos requieren sistemas de control ágiles y confiables que permitan asegurar la calidad de sus productos donde los sistemas automatizados constituyen una herramienta fundamental, puesto que su implementación permite programar y ejecutar las acciones de control de acuerdo con unos parámetros previamente establecidos y con base en el monitoreo continuo de las variables del centro de procesamiento y efectúan una acción directa sobre este para modificar el valor de una variable.

El desarrollo de este proyecto, tiene fundamentos teóricos de electricidad que se siguieron en la elaboración del sistema de potencia y control para motores eléctricos.

Así mismo, el SPC cuenta con una caja o gabinete donde se encuentran los dispositivos de seguridad y un tablero que posee los elementos electromecánicos del sistema de control, en este caso, se tuvo en cuenta la lógica cableada en el diseño de circuitos que incluyen funciones de potencia y control, mediante contactores, relés y pulsadores que permiten el accionamiento de un motor eléctrico.

Adicionalmente, es importante mencionar que “el contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: uno estable o de reposo cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de todo o nada” [6].

Finalmente, se describe el motor eléctrico, el cual es una máquina que transforma la energía eléctrica en mecánica, la corriente utilizada es alterna, la cual puede realizar cambio constante de polaridad por cada ciclo de tiempo. Dentro de sus ventajas se encuentran la economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento.

#### B. METODOLOGÍA

En el primer momento; por medio de la observación se identificó aquellas situaciones de desventajas o de oportunidades de mejora en los bancos Schneider y tablero de otras instituciones, con el fin de recolectar información relevante para soportar la construcción de la herramienta de simulación [7].

Con los síntomas (variables dependientes) y sus causas (variables independientes) se hace un relato de la situación actual. Se hace la identificación de las situaciones que se presentan al realizar el diagnóstico de las herramientas de simulación.

A continuación se presentan el banco de prueba Schneider en la figura 1 y tablero de control en la figura 2 que fueron inspeccionados.



Fig. 1. Banco de prueba Schneider



Fig. 2. Tableros de control otras instituciones

El segundo momento se soporta con la realización de una inspección para validar el cumplimiento de los parámetros dados por la norma RETIE [8] (reglamento técnico de instalaciones eléctricas) para el sistema de control, aplicando un formato con aspectos para evaluar el estado del sistema de potencia marca Schneider y el sistema de control existente en otras instituciones.

- Revisión detallada de las competencias establecidas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación – ICFES en el Módulo de Ensamblaje, mantenimiento y operación de maquinaria y equipos lo cual contribuyó en la definición de parámetros para la construcción del sistema de potencia y control y en la elaboración de las guías para su accionamiento.
- Organización y planificación de las características y aplicaciones que tendría el sistema de potencia y control para Máquinas Eléctricas.
- Elaboración de los planos del sistema en Solidworks, para tener una vista previa de este y sus medidas a escala real.
- Elaboración y ensamble de las partes principales del sistema tales como la mesa, los soportes y el acrílico donde se alojarán todos los componentes electromecánicos.
- Puesta a punto del sistema verificando conexiones, acabados de pintura y encendido.
- Guías de laboratorio para aplicación del sistema.
- Pruebas de funcionamiento y testeado para verificación del sistema, mediante el seguimiento de las guías elaboradas para su aplicación.

## XV. RESULTADOS OBTENIDOS

### A. DIAGNÓSTICO

Para realizar el diagnóstico de los bancos Schneider y tablero de otras instituciones se llevó a cabo una inspección visual de manera que se destacaran las ventajas que tienen y las oportunidades de mejora de las mismas.

En la tabla I se presenta el análisis al sistema de potencia Schneider

TABLA I. ANÁLISIS CAUSA – EFECTO DEL SISTEMA DE POTENCIA

Sistema de potencia marca Schneider	
<b>Descripción:</b> Esta herramienta consiste en una caja de potencia con disyuntor termomagnético, pulsador doble, contactor, tomacorriente, lámparas piloto y paro de emergencia.	
Hechos o situaciones que se observan ¿Qué se observa?	Hechos o situaciones que lo producen ¿Por qué?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la simulación de prácticas de diferentes tipos de arranque de motor.</li> <li>• Estructura estable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuenta con un sistema de alimentación trifásica y neutro.</li> <li>Tiene una mesa donde se encuentran instaladas la caja de potencia y la estructura en que se monta el sistema de control.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite realizar mediciones y parámetros eléctricos de forma segura.</li> <li>• Pérdida de material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema de potencia cuenta con elementos electromecánicos que restringen el flujo de corriente.</li> <li>Debido al tipo de conexión, puesto que no todas son con bananas apilables.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro de las piezas electromecánicas</li> <li>• Demora en los tiempos de práctica</li> <li>• Dificultad para identificar las conexiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema de control debe ensamblarse</li> <li>Por el tiempo que debe emplearse en el ensamble del sistema de control</li> <li>Debido a los empalmes que se deben hacer entre los cables y las bananas.</li> </ul>

En la tabla II se presenta el análisis al sistema de control usado en otras instituciones

TABLA II. ANÁLISIS CAUSA-EFECTO SISTEMA DE CONTROL

Sistema de control otras instituciones	
<b>Descripción:</b> Esta herramienta es un tablero que consta de cinco contactores, relés, cabezas auxiliares y pulsadores.	
Hechos o situaciones que se observan ¿Qué se observa?	Hechos o situaciones que lo producen ¿Por qué?
Estructura inestable	Estructura de madera que carece de un soporte que de firmeza al tablero para realizar las prácticas.
Limitación en el arranque de motores	Solo maneja dos líneas de 110 V
Dificultad al momento de ubicar los componentes para su conexión	Las zonas del tablero no tienen un espacio delimitado donde empiezan y terminan.
No se pueden visualizar las partes electromecánicas	Debido al tipo de material (madera) y los componentes se encuentran en la parte posterior del tablero
No cuenta con elementos electromecánicos de protección al momento de hacer la activación del tablero de control	Carece de un sistema de potencia y las conexiones deben hacerse directamente en la fuente.
Fácil movilidad	El material es liviano lo que permite un fácil desplazamiento del tablero.
Disminución de los tiempos de práctica.	Debido a que no hay que hacer el montaje de los elementos electromecánicos del sistema de control

A continuación, se presentan las ventajas encontradas y oportunidades de mejora que se evidenciaron al momento de la observación.

El sistema de potencia marca Schneider cuenta con una alimentación trifásica y una fase neutra que permite la simulación de prácticas de diferentes tipos de arranque de motor, la estructura es estable, en ella se soporta la caja de

potencia y el sistema de control (ensamblado por los estudiantes). En este se pueden hacer mediciones de forma segura, debido a que el sistema de potencia cuenta con elementos electromecánicos que controlan el flujo de corriente. Se observan como oportunidades de mejora en el sistema de control, el tipo de ensamble. Este ocasiona el deterioro de las partes electromecánicas y demora en los tiempos de práctica. Las conexiones presentan dificultad debido a los empalmes que se realizan entre los cables y las bananas.

El tablero de control que se utiliza en otras instituciones, puede movilizarse fácilmente debido a que su material es de madera liviana. Los tiempos de práctica disminuyen, puesto que no se debe hacer el montaje de los elementos electromecánicos del sistema de control, su conexión se hace mediante terminales de presión, los elementos electromecánicos se encuentran etiquetados en el tablero.

No obstante, dentro de las oportunidades de mejora se encuentra que su estructura es inestable, el material es de madera y no da firmeza al tablero en el momento de ejecutar las prácticas, el arranque de motores es limitado ya que maneja una alimentación de línea monofásica a 220 V, las zonas del tablero no tienen una delimitación donde empieza y termina lo que conlleva a dificultades al momento de ubicar los componentes para su conexión, no permite visualización de las partes electromecánicas puesto que se encuentran en la parte posterior del tablero, finalmente carece de un sistema de potencia y elementos de protección que den fiabilidad al sistema de control.

### B. VERIFICACIÓN NORMA RETIE

Se llevó a cabo la revisión del cumplimiento de la norma RETIE [9] en los sistemas eléctricos, por medio de listas de verificación, para los cuales se encontraron los hallazgos descritos en la tabla III, para el banco Schneider.

TABLA III – VERIFICACIÓN DE RETIE PARA EL BANCO DE PRUEBAS SCHNEIDER

FORMATO DE VERIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS PARA SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS					
Herramienta a evaluar: Banco de pruebas marca Schneider					
ITEM	ASPECTO A EVALUAR	ART RETIE/ NTC	CUMPLE		
			SI	NO	N/A
Código colores conductores					
1	Fase-Rojo Tierra-Verde Neutro-Bianco	6,3	X		
Productos usados en las instalaciones eléctricas					
2	Compatibilidad de materiales: no deben causar deterioro en otros materiales, el medio ambiente, ni en las instalaciones eléctricas adyacentes.	10,3-b	X		
3	Corriente de corto circuito: Los equipos deben soportar las corrientes de cortocircuito previstas durante el tiempo de disparo de las protecciones y las protecciones deben despejar la falla, en condiciones que no causen peligro a las personas.	10,3-c	X		
4	Corriente y Tensión de trabajo: Asegurar que la corriente y tensión de operación no exceda la nominal del equipo.	10,3-d	X		
5	Potencia: Que no supere la potencia de servicio.	10,3-e	X		
Sistema puesta a tierra					
6	Toda instalación eléctrica, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT).	15	X		
Conectores, terminales y empalmes					
7	Deben garantizar que no generen corrosión con el conductor o conductores que conecta.	20,12,1-b	X		
8	El material del conector, empalme o terminal debe garantizar que los cambios de temperatura por el paso de corriente, no ocasionen puntos calientes, arcos eléctricos o falsas conexiones.	20,12,1-c	X		
Contactores					
9	Estos elementos deben garantizar la conmutación de corriente durante toda su vida útil. Su fabricación y los materiales deben tener características que les permitan soportar fallas eléctricas, cortocircuitos, sobretensiones, sobrecargas.	20,13	X		
INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE BAJA TENSIÓN					
10	Los contactos móviles de todos los polos de los interruptores multipolos deben estar acoplados mecánicamente, de tal modo que abran y cierren conjuntamente, bien sea manual o automáticamente, incluso si la sobrecarga se presenta solamente en un polo protegido.	20,16,2-d	X		
Pulsadores					
11	Para diferenciar los botones, se debe emplear el verde esmeralda para el botón de arranque y el rojo para todos los dispositivos de parada.	20,16,5	X		
Tableros de baja tensión					
12	Los tableros deben fabricarse de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla.	20,23,1,1-a		X	
Terminales de alambrado					
14	El encerramiento del tablero de distribución, accesible sólo desde el frente, cuando sea metálico debe fabricarse en lámina de acero de espesor mínimo 0,9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.	20,23,1,1-c	X		
15	Los encerramientos deben tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm, líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo, mínimo IP 2XC o su equivalente NEMA.	20,23,1,1-d	X		
16	Los encerramientos de los tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.	20,23,1,1-e	X		
17	Los encerramientos deben ser resistentes a impactos mecánicos externos mínimo grado IK 05.	20,23,1,1-f	X		
18	Los compuestos químicos utilizados en la elaboración de las pinturas para aplicar en los tableros, no deben contener TGIC (Isocianato de Triplidido).	20,23,1,1-g	X		
19	Se admite la construcción de tableros de distribución con encerramientos plásticos o una combinación metal-plástico, siempre que sean autoextinguibles. Las partes no portadoras de corriente y que dan protección contra contacto directo.	20,23,1,1-h			X
20	Cada conductor que se instale en el tablero, debe conectarse mediante terminal que puede ser a presión o de sujeción por tornillo.	20,23,1,3-a		X	
Rotulado e instructivos del tablero					
21	Tensión(es) nominal(es) de operación.	20,23,1,4-a		X	
22	Corriente nominal de alimentación.	20,23,1,4-b		X	
23	Número de fases.	20,23,1,4-c	X		
24	Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).	20,23,1,4-d	X		
25	Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.	20,23,1,4-e	X		
26	El símbolo de riesgo eléctrico.	20,23,1,4-f	X		
27	Cuadro para identificar los circuitos.	20,23,1,4-g			X
28	Indicar, de forma visible, la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.	20,23,1,4-h	X		

El sistema de potencia marca Schneider cuenta con puesta a tierra y elementos que lo protegen de cortos circuitos, sus terminales y conectores no generan corrosión o arcos eléctricos y de esta manera evita inconvenientes en la conexión, sus componentes electromecánicos están fabricados de manera que soporten fallas eléctricas, sobrecargas y tensiones, cuenta con pulsadores que permiten diferenciar entre el arranque y parada del esquema eléctrico, el material de construcción es de lámina galvanizada que resiste los esfuerzos mecánicos a que es sometido.

No obstante carece de un encerramiento para el sistema de control lo que hace que las partes energizadas sean accesibles y peligrosas en el momento de la operación o falla del sistema, no todas sus conexiones son mediante un terminal a presión o sujeción, lo que puede generar algún calentamiento y ocasionar fallas en el sistema, no cuenta con una señalización de la tensión y corriente nominal que esta herramienta maneja.

Para la revisión del cumplimiento de la norma RETIE del tablero de control se encontraron los hallazgos descritos en la tabla IV

TABLA IV. VERIFICACIÓN DE RETIE PARA EL TABLERO DE CONTROL

FORMATO DE VERIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS PARA SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS					
Herramienta a evaluar: Tableros de control en estructura de madera					
ITEM	ASPECTO A EVALUAR	ART RETIE/ NTC	CUMPLE		
			SI	NO	N.A
Código colores conductores					
1	Fase-Rojo Tierra-Verde Neutro-Blanco	6,3	X		
Productos usados en las instalaciones eléctricas					
2	Compatibilidad de materiales: no deben causar deterioro en otros materiales, el medio ambiente, ni en las instalaciones eléctricas adyacentes.	10,3-b	X		
3	Corriente de corto circuito: Los equipos deben soportar las corrientes de cortocircuito previstas durante el tiempo de disparo de las protecciones y las protecciones deben despejar la falla, en condiciones que no causen peligro a las personas.	10,3-c		X	
4	Corriente y Tensión de trabajo: Asegurar que la corriente y tensión de operación no exceda la nominal del equipo.	10,3-d		X	
5	Potencia: Que no supere la potencia de servicio.	10,3-j		X	
Sistema puesta a tierra					
6	Toda instalación eléctrica, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT).	15		X	
Conectores, terminales y empalmes					
7	Deben garantizar que no generan corrosión con el conductor o conductores que conecta.	20,12,1-b	X		
8	El material del conector, empalme o terminal debe garantizar que los cambios de temperatura por el paso de corriente, no ocasione puntos calientes, arcos eléctricos o falsas conexiones.	20,12,1-c	X		
Contadores					
9	Estos elementos deben garantizar la conmutación de corriente durante toda su vida útil. Su fabricación y los materiales deben tener características que les permitan soportar fallas eléctricas, cortocircuitos, sobretensiones, sobrecargas.	20,13	X		
INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE BAJA TENSIÓN					
10	Los contactos móviles de todos los polos de los interruptores multipolares deben estar acoplados mecánicamente, de tal modo que abran y cierran conjuntamente, bien sea manual o automáticamente, incluso si la sobrecarga se presenta solamente en un polo protegido.	20,16,2-d		X	
Pulsadores					
11	Para diferenciar los botones, se debe emplear el verde esmeralda para el botón de arranque y el rojo para todos los dispositivos de parada.	20,16,5	X		
Tableros de baja tensión					
12	Los tableros deben fabricarse de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla.	20,23,1,1-a		X	

Los elementos que conforman el sistema de control son compatibles con el tipo de tensión y corriente que maneja el tablero, sus conectores están estandarizados a bananas apilables lo que permite fiabilidad en el flujo de corriente, cuenta con un contactor que resiste aumentos de temperatura y capacidad para trabajo excesivo (cierre y apertura) y tiene sus características de fábrica rotuladas en su estructura, pulsadores de paro o arranque para el accionamiento del sistema de control. Sin embargo, no posee un sistema de potencia lo que ocasiona riesgos al momento del accionamiento del control, en su estructura no se encuentra una protección puesta a tierra, carece de encerramiento de los componentes electromecánicos, el material con el que está fabricado no es resistente a esfuerzos eléctricos en el momento de un corto circuito, no tiene un interruptor multipolar para las fases de alimentación, por tanto la conexión es directa con la fuente y no cuenta con rotulado o instructivo que indique el tipo de tensión, la corriente nominal, el número de fases, marca y un símbolo de riesgo eléctrico.

### C. DIAGNÓSTICO PARA EL SISTEMA DE POTENCIA Y CONTROL

Una vez se tiene el diagnóstico y la verificación de la norma RETIE, se analiza la información recolectada a través de la observación de la herramienta de simulación marca Schneider y el sistema de control que utilizan otras instituciones y de los datos arrojados en la verificación del cumplimiento de la norma RETIE, identificándose las ventajas y oportunidades de mejora; estas se encuentran dentro de categorías de información como son las especificaciones eléctricas, conectores, equipos o elementos electromecánicos y estructura que llevaron a plantear algunas consideraciones y características a tener en cuenta para la construcción de un sistema que unificó potencia y control para el arranque de motores eléctricos. Los parámetros son los siguientes:

El sistema de potencia y control debe permitir diferentes tipos de arranque, contar con un sistema de protección al hacer el accionamiento del sistema de maniobra, optimización de materiales al momento de la conexión, la cual debe ser por medio de terminales a presión, cuyas características permitan ser apilables y que no generen corrosión y cambio de temperatura al momento de pasar la corriente. La distribución visual de las zonas de conexión debe mostrarse organizada. El etiquetado permite diferenciar las entradas o salidas de cada elemento que se encuentre en el tablero de control; el material para la construcción es en acero galvanizado ofreciendo resistencia a los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos. El encerramiento de las partes energizadas que sean peligrosas al momento de operación o falla del mecanismo, un sistema de puesta a tierra para la protección de esta herramienta, elementos electromecánicos que garantizan la conmutación de la corriente a lo largo de su vida útil, calibre del cable conductor que soporte el nivel de tensión que maneja el equipo.

### D. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE POTENCIA Y CONTROL

Los parámetros a tener en cuenta para la elaboración de un sistema de potencia y control para motores fueron los siguientes:

TABLA IV (CONTINUACIÓN)

ITEM	ASPECTO A EVALUAR	ART RETIE/ NTC	CUMPLE		
			SI	NO	N.A
14	El encerramiento del tablero de distribución, accesible sólo desde el frente; cuando sea metálico debe fabricarse en lámina de acero de espesor mínimo 0,9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.	20,23,1,1-c		X	
15	Los encerramientos deben tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm, líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo, mínimo IP 2XC o su equivalente NEMA.	20,23,1,1-d		X	
16	Los encerramientos de los tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión.	20,23,1,1-e		X	
17	Los encerramientos deben ser resistentes a impactos mecánicos externos mínimo grado IK 05.	20,23,1,1-f		X	
18	Los compuestos químicos utilizados en la elaboración de las pinturas para aplicar en los tableros, no deben contener TGIC (Isocianurato de Triglicidilo).	20,23,1,1-g	X		
19	Se admite la construcción de tableros de distribución con encerramientos plásticos o una combinación metal-plástico, siempre que sean autoextinguibles. Las partes no portadoras de corriente y que dan protección contra contacto directo.	20,23,1,1-h		X	
Terminales de alambrado					
20	Cada conductor que se instale en el tablero, debe conectarse mediante terminal que puede ser a presión o de sujeción por tornillo.	20,23,1,3-a	X		
Rotulado e instructivos del tablero					
21	Tensión(es) nominal(es) de operación.	20,23,1,4-a		X	
22	Corriente nominal de alimentación.	20,23,1,4-b		X	
23	Número de fases.	20,23,1,4-c		X	
24	Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).	20,23,1,4-d		X	
25	Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.	20,23,1,4-e		X	
26	El símbolo de riesgo eléctrico.	20,23,1,4-f		X	
27	Cuadro para identificar los circuitos.	20,23,1,4-g			X
28	Indicar, de forma visible, la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.	20,23,1,4-h		X	

- Tensión de alimentación: es el voltaje que va a circular por el sistema de potencia y control.
- Tipos de arranque: conexionado estrella o triangulo para un motor de 12 puntas.
- Diseño de protección: representa la máxima cantidad de potencia permitida por el sistema, en este caso, para un motor de un hp (20 A y 2 KW).
- Calibre del cable conductor de potencia: este es el encargado de conducir la corriente eléctrica en el sistema de potencia y control, en este caso, cable número 12.
- Tipo de tecnología: se escogió contactor Schneider de tres polos que permite hasta diez mil accionamientos, sin defecto a 220 V.
- Grado de protección y grado de resistencia: equivalentes a IP 21 e IK 07 [10].
- Tipo de conexión: por medio de bananas apilables.
- Tipo de estructura y material de construcción: mesa en acero galvanizado que soporta la caja de potencia y el tablero de control de material acrílico.
- Zonas de conexión de control: distribuirlas de forma organizada visualmente y no generen confusión al hacer la conexión.

### E. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA Y CONTROL

La construcción de un sistema de potencia y control consta de una estructura metálica que soporta la caja de potencia, en su interior, cuenta con sus componentes de seguridad, su tablero se realizó en acrílico transparente y está conectado a través de cable en terminación de bananas a los elementos electromecánicos permitiendo al alumno tener una visión panorámica de la conexión.

Adicional a lo anterior, se tuvo en cuenta la elaboración de un manual de uso para que sea leído por los estudiantes y docentes antes de usar el sistema de potencia y control, de modo que la práctica sea desarrollada de forma segura y a su vez permita una mejor comprensión de cómo están distribuidas las partes electromecánicas de esta herramienta

- Estructura general. Se realiza la caja de mando y soporte del tablero acrílico, cortando, soldando y doblando. En la figura 3 se encuentra la estructura propuesta para el Sistema de Potencia y Control.



Fig 3. Estructura general del Sistema de Potencia y Control

- Equipos de potencia. Es el encargado de alimentar el motor, mediante el sistema de control, este se encuentra en la caja o gabinete, ubicado en la parte izquierda del tablero acrílico. El sistema de potencia está compuesto por: Una parada de emergencia, lámparas pilotos, un disyuntor termo magnético, un pulsador de doble función, un contactor y un tomacorriente, como puede apreciarse en la figura 4.



Fig 4. Equipos de Potencia para el SPC

- Distribución de las entradas y salidas del tablero de control. Es el encargado de controlar el funcionamiento del contactor por medio de pulsadores. La distribución de los componentes se encuentra representados en un tablero acrílico transparente el cual se encuentra ensamblado en una estructura metálica con dimensiones de 150 cm de largo, 80 cm de ancho por 180 cm de alto, conformado por cinco (5) zonas distribuidas de igual manera con longitud de 16 cm y una separación de 6 cm, realizando en cada zona la misma función. Etiquetadas con sus respectivos nombres de entrada y salida de cada elemento, facilitando la ubicación al estudiante en el momento de desarrollar las guías en el sistema de potencia y control, dichos componentes se encuentran conectados por medio de alambre de cobre a bananas conectores hembras, a través de las cuales se pueden interconectar los sistemas de potencia y control, por medio de bananas macho apilables. En la figura 5 se muestra la plantilla, diseño, distribución y perforación del tablero acrílico para poder ser ensamblado en la mesa, y poder hacer el conexionado de los componentes electromecánicos por medio de alambre y conectores a presión conocidos como bananas apilables que permitirán un fácil enlace entre los sistemas de potencia y de control.

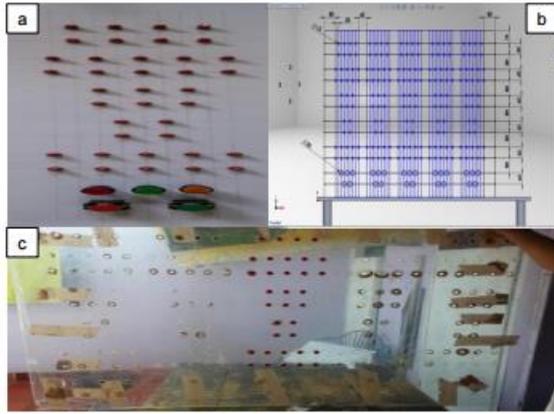


Fig 5. Distribución de entradas y salidas del SPC. Plantilla (a), distribución (b) y tablero acrílico perforado (c).

De esta manera se obtuvo el Sistema de Potencia y Control que permitirá integrar el saber conocer con el saber hacer en el área de Máquinas Eléctricas.

#### XVI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el diagnóstico de las máquinas de simulación de potencia y de control se logró reconocer algunas carencias de estos equipos y así poder crear un sistema que unifique la potencia y el control permitiendo realizar de forma segura conexiones y manipulación de los elementos que constituyen un circuito eléctrico.

Con el ensamble de todos los componentes electromecánicos en una estructura metálica que de soporte, se obtuvo un sistema que unifica la potencia y el control para el arranque de motores eléctricos.

En caso de mejoras se sugiere utilizar acrílico de mayor espesor puesto que da más resistencia y soporte al tablero.

Se debe tener en cuenta la corriente de alimentación del lugar donde quedará instalado el sistema de potencia y control (red trifásica), ya que no se podría hacer el arranque del motor con que cuenta esta herramienta.

Como se está trabajando con tensiones mayores a 100 Voltios, este nivel de tensión puede ocasionar lesiones graves, por lo cual se debe tener precaución con la corriente de alimentación del Sistema de Potencia y Control.

Al momento de llevar a cabo la construcción de un sistema similar se recomienda revisar la norma RETIE en su última versión, puesto que esta es la que regula las instalaciones eléctricas.

#### Referencias

- [1] CONGRESO ARGENTINO DE TECNOLOGÍA ESPACIAL (9: 6-8, mayo 2015: Buenos Aires, Argentina). Diseño de un banco de pruebas estático para pruebas y caracterización de motores cohete. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2015. p 1.
- [2] Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación – ICFES [online]. Guías de orientación de la prueba Saber TyT. Módulo de Ensamblaje, mantenimiento y operación de maquinaria y equipos. [Citado 9, noviembre, 2017]. Disponible en: <http://www2.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-tyt/guias-de-orientacion>
- [3] MERIZALDE, Yuri Humberto. Diseño e implementación de un banco de pruebas para máquinas de corriente continua. Trabajo de grado de Ingeniero Electricista. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Eléctrica, 2012. p. 4.
- [4] AMATO, Paolo. CAMARGO, Mario. DURAN, Jhonnatan. PACHECO, Carlos. ROLDAN, Javier. DUQUE, Jovanny. Construcción de un banco para prácticas electroneumáticas. En Revista Virtual: Scientia Technica Año XX. Junio, 2015.no. 2. [citado 12, septiembre, 2016]. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/File/9314/6421>.
- [5] ACEVEDO, Jorge. ARMESTO, José. FERNÁNDEZ, Celso. MANDADO, Enrique. Automatas programables y sistemas de automatización. Sistemas de control lógico. Barcelona, 2009. p. 269.
- [6] JOSÉ LUIS MOLINA MARTICORENA. Contactores. [en línea]. <http://profesormolina.com.ar/> [citado el 10 de mayo de 2016].
- [7] Escuela de Ingeniería Mecánica. Seminario I, Profundización bibliográfica. En: Cómo presentar el planteamiento, la formulación y la sistematización del problema. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2009. P. 41.
- [8] ARÉBALO PARRA, Juan Camilo, MILLÁN BERNAL, Diego Armando. Revisión de las subestaciones eléctricas y tableros principales en baja tensión de la Universidad Industrial de Santander fase II con base en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2010. p 27.
- [9] Ministerio de Minas y Energía [online]. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). [Citado el 4, Julio, 2016]. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>.
- [10] GOMEZ DE ZAMORA CÁMARA, Juan Carlos, MORENO GIL, José y ROMO GARCÍA, David Martin [online]. Guía de las normas UNE del R.E.B.T. Madrid, España: Thomson paraninfo, 2008. [Citado 4, agosto, 2016]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=5-Tzg2CuBB0C&pg=PA47&lpg=PA47&dq=norma+de+codigos+ip+y+i20k&source=bl&ots=EZatosZ2VU&sig=4Dqmp6oZ\\_h\\_qx-yKU6FN73DLNng&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjZ\\_vqXt%208LOAhUGph4KHSPiA98Q6AEIOzAG#v=onepage&q=norma%20de%20codigos%20ip%20y%20ik&f=false](https://books.google.com.co/books?id=5-Tzg2CuBB0C&pg=PA47&lpg=PA47&dq=norma+de+codigos+ip+y+i20k&source=bl&ots=EZatosZ2VU&sig=4Dqmp6oZ_h_qx-yKU6FN73DLNng&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjZ_vqXt%208LOAhUGph4KHSPiA98Q6AEIOzAG#v=onepage&q=norma%20de%20codigos%20ip%20y%20ik&f=false)

# ESTUDIO DE MÉTODOS, TIEMPOS Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DENTRO DE LA EMPRESA GASES INDUSTRIALES UBICADA EN LA CIUDAD DE BARRANCABERMEJA

Yahelys Patricia Vega Frías, Maira Alejandra Izquierdo, Gisel Andrea Oviedo Corredor  
Santander

*Escuela de Ingeniería de Producción, Programa de Ingeniería de Producción, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja*

yahelys\_vega@hotmail.com, malejaizher@hotmail.com, andreaovicor@hotmail.com.

## Introducción

**Resumen:** La estandarización del proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno, se logró a través del estudio de métodos, tiempos y distribución de planta actual de las instalaciones de la empresa. Estandarización que se realizó mediante actividades, tales como: realización de un diagnóstico inicial del sistema operativo de la empresa y la producción de gases industriales, con el cual se determinaron los aspectos a mejorar; la ejecución de un estudio de métodos y tiempos; el desarrollo de un estudio de distribución de planta actual, que permitió proponer una mejor distribución de planta para la empresa y la ordenación física de las condiciones físicas de las instalaciones y por último se realizó una socialización tanto para el gerente como para los colaboradores con la finalidad de validar la estandarización del proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno y orientar la toma de decisiones por parte de gerencia.

**Palabras claves:** Estudios de métodos, medición del método de trabajo actual, estudio de distribución de planta y ordenación física.

**Abstract:** The standardization of the process of storage and packaging of oxygen gas was achieved through the study of methods, times and current plant distribution of the company's facilities. Standardization was carried out through activities such as:

conducting an initial diagnosis of the company's operating system and the production of industrial gases, with which the aspects to be improved were determined; The execution of a study of methods and times; The development of a study of current plant distribution, which allowed to propose a better distribution of plant for the company and the physical ordering of the physical conditions of the

facilities and finally a socialization was realized for both the manager and those collaborating with the Purpose of validating the standardization of the process of storage and bottling of oxygen gas and guiding the decision making by management.

**Key words:** Methods studies, measurement of the current working method, study of plant distribution and physical ordering.

La estandarización de procesos, hoy en día es una herramienta que genera una ventaja competitiva para muchas organizaciones. Las exigencias que impone el mercado globalizado, han hecho cambiar la visión del mundo y de los negocios, por lo cual es importante hacer uso de técnicas y metodologías de ingeniería como son el estudio de métodos, tiempos y distribución en planta, para estandarizar los procesos, además de aumentar la producción, satisfacer los clientes y fomentar una mejora continua hacia la competitividad. En este sentido, la empresa Gases Industriales, permitió realizar un diagnóstico inicial y evaluación del método de trabajo, tiempos y distribución de planta actual; para estandarizar el proceso de almacenamiento y envaso de gas oxígeno, proponer el diseño de una mejor distribución de planta y ordenamiento de las Condiciones físicas de las instalaciones para la optimización de la producción de gases, teniendo en cuenta los recursos disponibles en la empresa. Además, se pretende mostrar una pequeña parte de la versatilidad que ofrece la ingeniería de producción, para la constante mejora continua.

## XVII. DESARROLLO DE CONTENIDOS

### a. El Problema:

En la empresa Gases Industriales se requiere aplicar técnicas y herramientas de ingeniería como son el estudio de métodos, tiempos y distribución en planta, para estandarizar el proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno en donde se presenta específicamente falencias o situaciones que retrasan la producción y entrega de productos, como se puede describir en dos grupos: Método de trabajo, tiempo de ejecución de las labores y distribución de planta.

Gases Industriales no dispone de procedimientos, instructivos, ni cuenta con un método de trabajo establecido para el almacenamiento y envasado de gas oxígeno, lo que genera cuellos de botellas, demoras y operaciones innecesarias que se

traducen en tiempos improductivos que retrasan la planeación y Programación en cada uno de los procesos de la empresa y por ende en la prestación del servicio o entrega del producto. En las pequeñas empresas, por ejemplo, uno de las principales limitantes para desarrollar mejores productos está ligado con la falta de organización, la falta de instructivos y demoras en la operación de los procesos.

### b. Objetivos

La investigación propuso un objetivo general y tres específicos, donde el objetivo general es Estandarizar el proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno a través del estudio de métodos, tiempos y distribución en planta dentro de la empresa Gases Industriales ubicada en la ciudad de Barrancabermeja para optimizar la producción de gases.

### c. Metodología

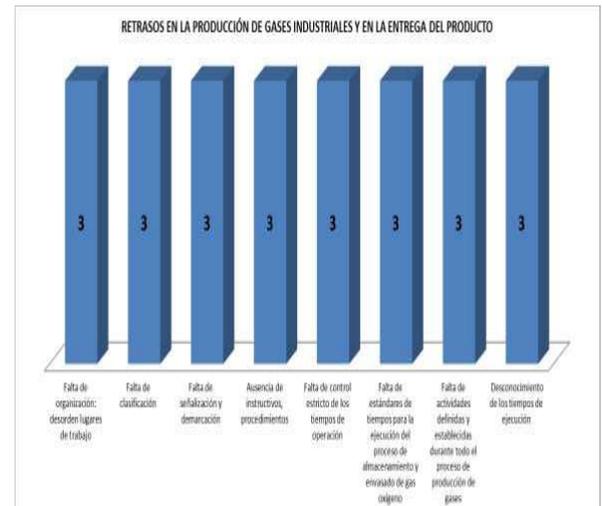
Los efectos generados por la presencia de gases como el oxígeno, puede tener consecuencias letales. Para establecer un mayor entendimiento sobre el proyecto a realizar, se describió de manera atenta sobre los procesos de almacenamiento y envasado de estos gases. Este proyecto fue de tipo descriptivo porque al ser un estudio rígido en el cual se describen características y se generalizan varios fenómenos similares, mediante la exploración y descripción de situaciones de la vida real. Supone el conocimiento de las variables pertenecientes al problema, se apoya en una o varias hipótesis de tipo general dirigidas en una dirección específica. Estos estudios sirven para descubrir nuevos significados, determinar la frecuencia de fenómenos y categorizar la información

#### Diagnóstico inicial

Mediante observación directa y entrevista al personal de la empresa, se visualizó el estado actual del área operativa, para la identificación de las acciones de mejora en relación al proceso almacenamiento y envasado de gas oxígeno.

**Visitas al área operativa.** Se realizaron observaciones directas al área operativa de la empresa, donde se pudo conocer la planta de almacenamiento y envasado de gases industriales y se observaron algunos hallazgos en relación a la organización y distribución del área operativa. Los retrasos en la producción y entrega del producto son generados por demoras, despilfarro de tiempo, la muestra que se escogió para realizar la investigación fueron de dos administrativos y tres operarios que son lo que actualmente se encuentran laborando en las instalaciones de la empresa.

**Gráfica 1.** Factores que retrasan la producción



**Fuente:** autoras.

La gráfica evidencia que para los trabajadores los retrasos en el proceso de producción se generan por: muestra que los tres encuestados dicen que se generan retrasos en la producción de gases industriales y entrega del producto debido a falta de clasificación, falta de señalización y demarcación, ausencia de instructivos y procedimientos, falta de control estricto de los tiempos de operación, falta de estándares de tiempos para la ejecución del proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno, falta de actividades definidas y establecidas durante todo el proceso de producción de gases y por desconocimiento de los tiempos de ejecución.

También se pueden observar en distintas investigaciones la necesidad de espacios apropiados para el desarrollo de las actividades de producción con el fin de tener una optimización eficiente de planta, esto se logra con una ordenación física de todos los elementos apropiados para la ejecución de los procesos productivos. En la planeación y redistribución en planta se incluyen aspectos relacionados con el diseño de las instalaciones en los procesos productivos, hombre, material y máquina, espacios necesarios para un buen ambiente de trabajo dentro de la empresa. A través de este proyecto se buscó una redistribución apropiada en las diferentes áreas de Inversiones Galavis, aprovechando los espacios, minimizando costos y maximizando ganancias y lográndose una producción óptima. Se minimizó la contaminación cruzada, con un ambiente seguro para los trabajadores. (Restrepo & Herrera León)

Hoy en día los entornos industriales son altamente cambiantes, por lo que cada vez los proyectos de redistribución de planta son más comunes. Se hace necesario que las modificaciones que se les aplica a los diseños de planta tengan en cuenta la mayor cantidad de factores posible, para evitar que éstos se vuelvan obsoletos en un corto tiempo. Normalmente se ha dado mayor importancia a criterios cuantitativos para evaluar los diseños de planta, pero se considera que también deben incorporarse ciertos criterios cualitativos en dicho análisis. Adicionalmente, para realizar los proyectos de redistribución dentro de las empresas, se requieren métodos prácticos para tener en cuenta lo anterior, de tal forma que se pueda determinar un diseño eficiente sin invertir en ello cantidades de tiempo desmesuradas. Por ello en este artículo se propone una metodología de cuatro pasos para evaluar diferentes



Transportes: cuatro transportes corresponden a los mínimos desplazamientos que se pueden llevar en el proceso.

Almacenamientos: Dos al igual que las inspecciones y los transportes son necesarias, ya que el primer almacenamiento corresponde al proceso de producción y almacenamiento de oxígeno líquido y el otro almacenamiento es el de los cilindros envasados mientras son entregados al cliente, este almacenamiento no se puede eliminar, pues de alguna manera siempre estará presente ya sea para almacenar los cilindros que se envasan por día como producto del proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno para la entrega mientras el cliente los recibe, ya sea porque no se encuentre o mientras realiza lo correspondiente a la parte administrativa del pago por el servicio.

Demoras: una demora que corresponde a una espera resultante de las falencias del sistema de calentamiento, puede ser disminuida en tiempo, si se mejora el sistema de calentamiento, que crea un cuello de botella que atrasa al resto del proceso.

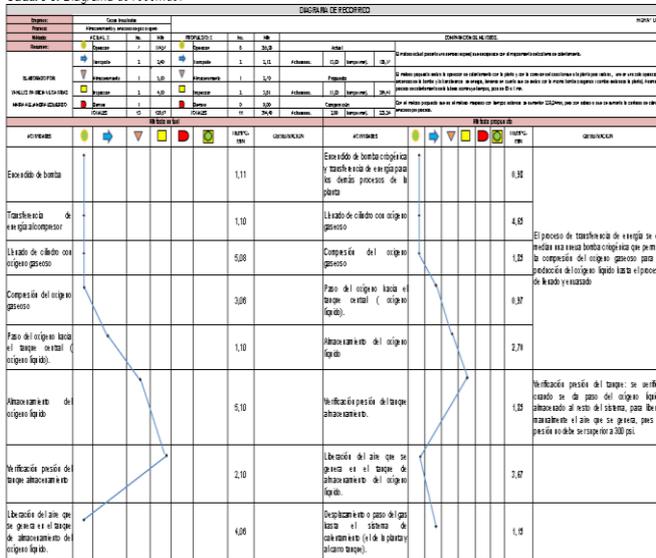
**Mejoramientos realizados.** Se realizaron mejoras a la planta de producción de gases industriales, en relación al sistema de calentamiento y a los procesos, lo que ayudó con el proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno.

**Comparación método trabajo mejorado con tiempos estándar Vs método de trabajo actual.**

Se realizó un diagrama de recorrido para identificar las mejoras y establecer el método de trabajo mejorado.

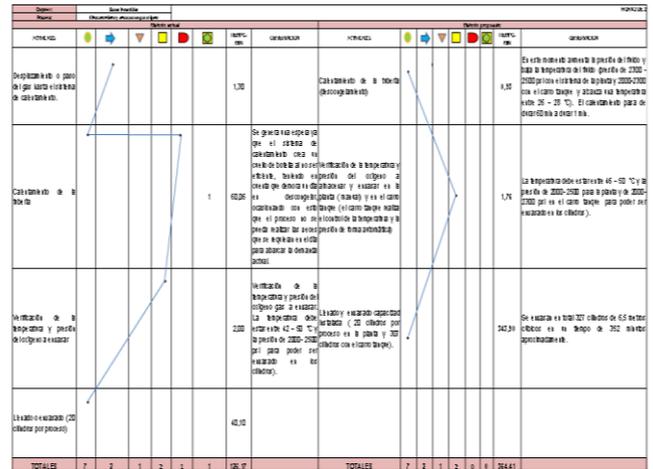
figura 2: diagrama de recorrido

Cuadro 8. Diagrama de recorrido.



Fuente: autor

Figura. No3 Diagrama de recorrido segunda parte



Fuente: autor

**Análisis de resultados comparación de métodos:** Los tiempos estándar para el proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno con el método mejorado son de **364, 41 min** aproximadamente **6 horas** y los tiempos de ejecución método actual (TPO: tiempo promedio observado) eran de **126,17 min** aproximadamente **2 horas**, con una diferencia de **238,24 min**. Como se observa en el diagrama de recorrido con el método propuesto (método mejorado con tiempos estándar es mayor el tiempo, pero se

Debe a que con este método se envasan por proceso 327 cilindros, además el proceso se puede realizar aproximadamente 4 veces por día.

**Condiciones y falencias en los principios de distribución de planta actual.**

A partir de la aplicación de los principios de distribución de planta mediante la lista de chequeo, se encontraron diferentes situaciones y se determinó que la Empresa no cumple con todos los principios de distribución ya que actualmente no cuenta con una distribución que optimice el espacio, los principios principales que debe contener una distribución en planta son los siguientes:

**Principio de la satisfacción y seguridad:** la distribución actual no

Proporciona a los trabajadores seguridad y confianza para realizar el trabajo satisfactoriamente, teniendo en cuenta que se presentan riesgos presentes riesgos tales como: Psicolaboral (cantidad y contenido de la tarea, horas extras, falta de motivación, estrés), físico (iluminación, ventilación), biomecánico (manejo de cargas, fuerzas y movimientos repetitivos), mecánicos (caídas a nivel, Cortadas con objetos corto punzantes, resbalones, raspaduras), físico-químicos (explosiones, incendios) y de seguridad (desorden, falta de señalización y demarcación, desorden).

Además se presenta desorden en relación al almacenamiento de los cilindros para el llenado y envasado de gas oxígeno, obstáculos en el piso y herramientas, equipos, EPP y demás elementos de trabajo fuera de los lugares designados para su ubicación. Dificultando con esto la realización de las actividades

**Principio de la mínima distancia recorrida:** la distribución actual permite llevar procesos a distancias cortas entre operaciones consecutivas, por lo que las distancias de recorrido son reducidas y los procesos son sucesivos inmediatamente adyacentes unas con otros.

**Principio de circulación:** las áreas de trabajo con sus respectivas zonas se encuentran ordenadas en una misma secuencia para la obtención del producto final ( envasado de gases) y teniendo en cuenta que este principio es un complemento del principio de la mínima distancia recorrida el material ( gases criogénicos) se mueven progresivamente de cada operación a la siguiente, pero es interrumpido por que se encuentran cilindros vacíos por todo el lugar, obstáculos en el piso, cables sueltos y herramientas mal ubicadas, generando con esto movimientos transversales.

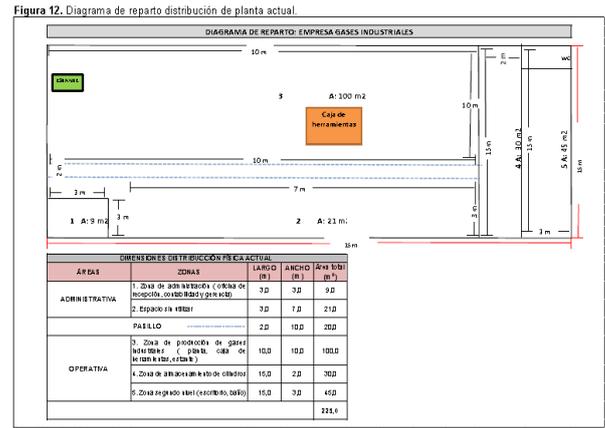
**Principio de espacio cúbico:** la distribución actual utiliza todos los espacios horizontales y verticales, aunque hay lugares que no son aprovechados adecuadamente por la falta de organización: señalización y demarcación.

**Principio de integración en conjunto:** la distribución actual integra en un solo conjunto (una sola sede) al hombre, materiales, máquinas y los procesos operativos y administrativos de tal manera que funcionan como un solo equipos en pro de obtener el producto final que es el envasado de cilindros de gases industriales. En relación a la distribución de la áreas es empírica y su organización está basada en lo que el gerente considera es apropiado para que todas las áreas funcionen adecuadamente para las otras áreas que tengan que ver indirectamente con ellas.

**Principio de flexibilidad:** La distribución de planta en relación a este principio es adecuada, teniendo en cuenta que sus equipos y áreas pueden ser reordenadas sin ningún inconveniente.

**Lay out.** La distribución de planta actual es por proceso, de acuerdo a sus características de producción, es decir se organiza por áreas, en donde el personal, los equipos y herramientas se agrupan en una misma área y las actividades se mueven de un área a otra, de acuerdo a la secuencia de operaciones para su ejecución. El flujo de materiales es en "U", teniendo en cuenta que la entrada es la misma salida y su distribución es en proceso. El tamaño total de la empresa tiene un área de 225 m<sup>2</sup>. La empresa comprende es de un piso donde funciona el proceso administrativo (recepción, contabilidad y gerencia) y operativo en el que se encuentran la planta de gases industriales, una caja de herramientas, un estante, una zona de almacenamiento de cilindros, hay una división al fondo (un segundo nivel), exactamente donde queda ubicada la zona de almacenamiento, separado el área administrativa y operativa se encuentra separada por medio de un pasillo, que las divide en dos (área administrativa y área operativa), el área administrativa se encuentra en la entrada y el área operativa después del pasillo, este pasillo es por donde circula el personal. El Lay-out descrito se muestra mediante diagrama de reparto, el cual muestra las divisiones arquitectónicas y áreas de la empresa, también indica las diferentes zonas en que está dividida cada área con sus respectivas dimensiones.

Figura 4. diagrama de reparto distribución de planta actual



Fuente: autores.

A continuación se detalla, la evaluación de la distribución de planta actual, la cual se realizó en la calle 71 con carrera 28, en Barrancabermeja, Santander.

**Plan general de distribución.** Con este plan se estableció el patrón o patrones básicos de flujo en la instalación a organizar. La parte analítica del plan de distribución comenzó con el estudio de los datos de entrada P, Q, R S, T, los cuales son los elementos básicos de distribución en planta:

- **(P) Producto y servicio:** producto gas oxígeno, servicio: envasado de gas oxígeno.
- **(Q) Cantidad o volumen:** se envasan cilindros de 6,5 metros cúbicos de gas oxígeno, donde por proceso se envasan a través de la planta de gases industriales 20 cilindros en un día con el método actual y con el método mejorado 227 cilindros por proceso (20 a través de la planta y 307 con el carro tanque de llenado y envasado de gas oxígeno).
- **(R) Recorrido o proceso:** La secuencia en que se realizan se describen en el diagrama de recorrido
- **(S) Servicios y actividades auxiliares:** Los servicios auxiliares necesarios para que se puedan llevar a cabo los procesos son agua, luz, baño (cuenta con un baño), protección contra incendios (se cuenta con dos extintores). Cuenta con elementos adecuados para primeros auxilios como botiquín y camilla. No están definidas las rutas de evacuación, ni señalización y demarcación de la empresa.
- **(T) Tiempo o medición de tiempos:** Este paso se desarrolló en numeral.

#### Análisis de los resultados:

Es la información de entrada para el diseño de las alternativas de la mejor distribución en planta. Con el diagrama de afinidad y el de relación, se pueden ver las áreas comprometidas entre sí en función de relación de proximidad, están son:

Las zonas 3 y 4 son absolutamente necesarias y de frecuencia alta, es decir que tienen relación de proximidad.

Las zonas 1 y 3 tienen una relación importante con flujo de información mediana, estas pertenecen a diferentes áreas, la 1 es una zona del área administrativa y la 3 es una zona del área operativa que tiene una relación de proximidad teniendo en cuenta que la zona 3 requiere de la zona 1 para planear y ejecutar el proceso.

Las zonas 2 y 3 tienen una relación importante con frecuencia de uso mediana, estas pertenecen a diferentes áreas, la 2 es una zona sin utilizar del área administrativa y la 3 es una zona del área operativa que usa la zona 2 para colocar herramientas. Las Zonas 2 y 4 tienen una relación ordinaria con frecuencia de uso baja, esto se debe que en ocasiones no frecuentes la zona 2 es utilizada para el almacenamiento de cilindros.

Las zonas 1 y 2, 1 y 4, 1 y 5, 2 y 5, 3 y 5, 4 y 5 tienen cada una de ellas una relación no importante con flujo de información baja, lo que deja claro que la zona 5 no requiere de una relación de proximidad con las zonas 1, 2, 3 y 4; de igual manera la zona 1 no requiere una relación de proximidad con las zonas 2 y 4.

- Mediante la matriz desde-hasta se visualiza específicamente la relación de las áreas con el proceso almacenamiento y envasado de gas oxígeno: De entrada se refleja que el proceso almacenamiento y envasado de gas oxígeno tiene mayor relación con las zonas 3 y 4 que corresponden al área operativa, tienen una relación de proximidad absolutamente necesaria con flujo de información alto.

En secuencia de relación de proximidad con el proceso de almacenamiento y envasado de gas oxígeno, le siguen las zonas 1 y 2 las cuales son importantes, con frecuencia de uso alta la zona 2 y con flujo de información mediana la zona 1.

Al igual que en la relación de proximidad entre zonas, la zona 5 no es importante y tiene flujo de información baja con el proceso de almacenamiento y envasado. En consecuencia, el proceso de almacenamiento y envasado se encuentra dentro del área operativa y requiere de una relación de proximidad con todas las zonas para su normal funcionamiento, menos con la zona 5 que no es importante para el proceso.

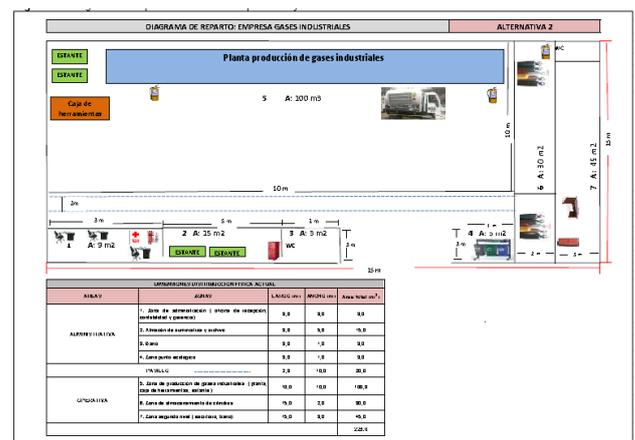
De acuerdo a la información recolectada mediante los diagramas de afinidad, de relaciones y matriz desde-hasta, se planificó de forma general dónde colocar cada alternativa:

**Alternativa 1.** Esta alternativa comprende la adecuación de las áreas y redistribución de algunas zonas, quedarían las mismas dos áreas, administrativa y operativa con una distribución de planta más organizada y con seis zonas que se detallan en el diagrama de reparto. Al área administrativa se le agregaría dos zonas, una para el almacenamiento de los EPP, insumos y archivo de documentos y otra para el punto ecológico, estas quedarían en la zona que estaba sin utilizar: zona 2. Para la zona de almacenamiento, se propone acondicionarla con dos estantes y un archivador. Se propone acondicionar la zona administrativa, zona 1, con tres escritorios a manera de organizar y dividir por funciones los procesos que allí se llevan (recepción, gerencia y contabilidad), además de involucrar un extintor, una camilla y un botiquín de primeros auxilios para contribuir con el principio de seguridad.

Al área operativa se le realizarían redistribuciones y acondicionamientos de las zonas para mejorar la circulación, evitar desorden y obstaculización de las vías de acceso, estas son: un estante más para las herramientas de uso no frecuente que quedaría junto al estante que ya existe antes de la planta de producción de gases industriales; la caja de herramienta se pasaría junto (lado izquierdo) a los estantes para que quede más espacio para ubicar el

carro tanque y mejore la circulación de las personas y los materiales. Al área operativa se le agregaría dos extintores más, quedando tres extintores en total, uno al iniciar la planta, un segundo al finalizar la planta y un tercero en la división de almacenamiento de cilindros, exactamente en la zona de almacenamiento de cilindros llenos. Con respecto a la zona de cilindros, se dividiría mediante señalización y demarcación de cilindros llenos y cilindros vacíos para evitar el desorden que ocasiona pérdida de tiempo. En relación al segundo nivel que se encuentra encima de la zona de almacenamiento de cilindros quedaría exactamente igual, ya que no genera ningún valor agregado para el proceso en estudio (almacenamiento y envasado de gas oxígeno).

Figura 5. diagram de reparto distribución de planta mejorada



Fuente: autores.

**Fuente: autor**

**Alternativa 2.** Esta alternativa comprende la adecuación de las áreas y redistribución de algunas zonas, quedarían las mismas dos áreas, administrativa y operativa con una distribución de planta más organizada y con siete zonas que se detallan en el diagrama de reparto. Al área administrativa se le agregaría tres zonas:

- Almacén de suministros y archivo, las cual se acondicionaría con dos estantes y
- un archivador.
- Baño.
- Zona de punto ecológico.

Quedarían entonces cuatro zonas con la zona ya existente (zona de

Administración), la cual quedaría dividida mediante tres escritorios, señalización y demarcación, estas divisiones o escritorios cumplirían las funciones del proceso de recepción, gerencia y contabilidad, esta zona quedaría dotada con un extintor, una camilla y un botiquín de primeros auxilios.

El área operativa quedaría con las mismas zonas: zona de producción de gases industriales (planta, caja de herramientas, estante), zona de almacenamiento de cilindros y zona segundo nivel (escritorio, baño), pero organizadas mediante acondicionamiento y reubicación de algunas de sus divisiones así:

- En la zona de producción de gases, se le quitaría la caja de herramientas y se reubicaría frente al estante que se encuentra antes de la planta, en esta misma división se agregaría un estante más, quedando dos estantes para la ubicación de herramientas y equipos de uso poco frecuente y otros insumos

para las operaciones diarias. La planta quedaría acondicionada con dos extintores uno al

Iniciar la planta y el otro al final la planta.

- La zona de almacenamiento de cilindros con una división para cilindros llenos y otra para cilindros vacíos, la división de cilindros llenos contaría con un extintor.

- La zona llamada segundo nivel se acondicionaría de tal manera que se le agregaría un loker de 4 puestos para los objetos y EPP personales de los trabajadores.

### Propuesta seleccionada.

Se seleccionó la alternativa 2 como la propuesta más adecuada de acuerdo a los criterios tenidos en cuenta en la evolución de las alternativas.. Esta se relacionó con los ingresos por proceso con el método de trabajo mejorado.

### Conclusiones

El diagnóstico inicial que se realizó mediante observación directa y entrevista al personal de la empresa, permitió conocer el estado actual de la producción de gases industriales en relación a su método de trabajo y distribución de planta actual, también identificar oportunidades de mejoras para los hallazgos encontrados.

Se ejecutó un estudio de métodos y tiempos para el proceso, con el nuevo método de trabajo con tiempos estándar, se pudo mejorar el proceso de almacenamiento y envasado de gases, generando aumento en la productividad, aumento que se refleja en la cantidad cilindros que se pueden envasar por proceso (paso de 20 cilindros a 327 por proceso) y en los ingresos a la empresa por tener la capacidad de suplir la demanda actual solicitada que es de 50 cilindros por día, capacidad que actualmente deja a la empresa \$ 3.818.333 por día por los 50 cilindros vendidos. Es decir que la empresa con la antigua planta dejaba de vender 30 cilindros por los cuales le ingresan a la empresa \$ 2.218.333.

Se realizó un estudio de distribución en planta actual, el cual permitió determinar 2 alternativas y se ordenaron las condiciones físicas de las instalaciones, mediante organización, señalización, demarcación y clasificación de áreas y elementos de trabajo, dejando como resultado unas instalaciones adecuadas y seguras para ejecutar los diferentes procesos, lo que contribuyó con la optimización de la producción de gases criogénicos. También se realizó una guía para el manejo adecuado de los cilindros de gas oxígeno, llenos y vacíos,

Manera de contribuir con la ordenación física de las instalaciones y como medida preventiva para evitar accidentes.

Almacenamiento y envasado de gas oxígeno, con este estudio se logró que la empresa mejorara la planta de producción de gases industriales criogénicos y en base a estos mejoramientos se determinó un mejor método de trabajo, el cual fue implantado al interior de la empresa y estandarizado mediante tiempos estándar.

### REFERENCIAS

- BURNS, Nancy. Estudio descriptivo. N.R. 2012. [en línea]. [Citado en 3-3-2015]. Disponible en: <<http://www.tiposde.com/ciencia/estudio/tipos-de-estudio.html>>
- Cámara de Comercio. Registro matriculas mercantil Barrancabermeja sector industrial. Barrancabermeja. 2015
- CRIOLLO, Garcia, Roberto. Estudio del trabajo. México.: Mc Graw-Hill. 49 p.
- CHASE, AQUILANO Y JACOBS, Administración de operaciones producción y cadena de suministros. Mc Graw Hill. Edición12.
- DISTRIBUCION EN PLANTA. [en línea]. [Citado en 3-05-2016]. Disponible en: <[http://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego\\_mas\\_distribucion\\_en\\_planta.pdf](http://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf)>
- GASES INDUSTRIALES. Información de ventas de la empresa a diciembre 31 de2015.
- -----Estructura organizacional, versión 1.
- Salazar, B. HERRAMIENTAS PARA EL INGENIERO. [en línea]. [Citado en 3-05-2016]. Disponible en: <<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientaspara-el-ingeniero-industrial/ingenieria-metodos>>
- Luna, José. Principales problemas que afrontan las pequeñas y medianas empresas. México. 2012. [En línea]. [Citado en 02-06-2016]. Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2013/jelc/jelc.pdf>
- NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS, Andrés, Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. Op.cit., p 383-386.
- OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, OIT. Introducción al estudio del trabajo. 4 ed.: México.: Editorial Lumisa, 1998 19p.
- PAULI, O. Peligros del sistema de oxígeno líquido. EEUU. N.R. [en línea]. [Citado en 16-05-2016]. Disponible en: <[http://www.ehowenespanol.com/peligrossistemas-oxigeno-liquido-info\\_48499/](http://www.ehowenespanol.com/peligrossistemas-oxigeno-liquido-info_48499/)>



# RIDING

Revista de Investigaciones, Desarrollo e Innovación en Ingenierías

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN**