

REVISTA científica UNET

Universidad Nacional Experimental del Táchira

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA



DEPÓSITO LEGAL: P.P. 87-0343
ISSN: 1316-869X11C
REVENCYT: RVR 001
LATINDEX CATÁLOGO
FONACIT: REG-2006000001





**UNIVERSIDAD NACIONAL
EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA**

Raúl Casanova Ostos

Rector

Alexander Contreras

Vicerrector Académico

Martín Paz

Vicerrector Administrativo

Elcy Yudit Núñez

Secretaría



Decanato de Investigación

Ildefonso Méndez Salcedo

Juan C. Zambrano

Decanato de Docencia

Jhon E. Amaya

María E. Porras

Decanato de Extensión

Ronald Angola

Salvador Galiano

Decanato de Postgrado

Mary C. Bernal

Yennifer Rojas

Decanato de Desarrollo Estudiantil

Blanca Figueras

María G. Ropero

**COMITÉ EDITORIAL
REVISTA CIENTÍFICA UNET**

Luis Villanueva

DIRECTOR

Gustavo Perruolo L.

EDITOR JEFE

INDUSTRIAL

María Josefina Torres

José Andrickson

Jhon Amaya

Ángel Gil

SOCIO - HUMANÍSTICO

Luis Villanueva

Solvey Romero

Rosalba Bortone

Josefina Balbo

Ildefonso Méndez

Luis Salazar

María Gabriela Rivero

Sara Medina

Darcy Carrero

CIENCIAS EXACTAS

Gustavo Perruolo

Willian Tovar

Irma Sanabria

América Quintero

Arelis Díaz

AGROPECUARIA

Alexis Valery

Ramón Zambrano

Eudi Arellano

Bridget Moreno

Norelys Rodríguez

Luis Bautista

Teresa Ortega Ross
TRADUCCIÓN EN INGLÉS

Carolina Wong

DIAGRAMACIÓN Y MONTAJE

Samhira González

DISEÑO

Laboratorio de Instrumentación y Control UNET

Foto: Leonardo Ortiz y María Paula Villanueva

IMAGEN DE PORTADA



Revista Científica UNET

La Revista Científica UNET es un órgano divulgativo de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, cuyo objetivo es difundir primordialmente los productos de investigación en las diferentes áreas de las Ciencias: Físicas, Matemáticas, Biológicas, Sociales, de la Tierra y del Medio Ambiente. En ésta se publican todos aquellos artículos originales aprobados por el Comité Editorial, producidos tanto por el personal de la UNET como de otras instituciones nacionales e internacionales, previa solicitud escrita por parte de los interesados.

La Revista Científica UNET es una revista venezolana, de actualización científica, creada por el Consejo Universitario de la UNET N° 003.88 de 12 de febrero de 1988,

apareciendo su primer número el 10 de noviembre de 1987. La Revista es arbitrada por destacados investigadores internacionales, nacionales y regionales. A lo largo de los últimos años se ha venido consolidando en varios aspectos, tales como: 1.) Soporte tecnológico, que incluye administrador de contenidos y administrador de base de datos de usuarios inscritos a través de la lista de canje y donación de la Biblioteca UNET; 2.) Periodicidad a través de la regularización de su publicación semestral garantizando los dos números por año; 3.) Digitalización de los artículos para ser colocados en servidores Web.

Para contactos dirigirse a:

Comité Editorial de Revista Científica UNET, Universidad Nacional Experimental del Táchira, Decanato de Investigación, Avenida Universidad Paramillo, San Cristóbal, Estado Táchira. República Bolivariana de Venezuela.

Teléfono: 0276-3530422 Ext. (313 - 314- 404) / Telefax 0276 - 3532454. 3532949).

Apartado Postal 02 IPOSTEL-UNET.

Correo Electrónico: rcunet@unet.edu.ve; rcunet2019@gmail.com; @Rc_UNET

Se aceptan canjes con instituciones académicas y gubernamentales nacionales e internacionales, las cuales publiquen o distribuyan con carácter periódico, revistas, publicaciones o informes estadísticos.

EDITORIAL

La automatización industrial, estudia los conceptos relacionados con: la medición, el control de las variables, el reconocimiento e interpretación de planos, las normas, el manejo de la información de proceso, y la tendencia tecnológica de las industrias. De igual manera, los aspectos de: supervisión, gestión, eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto en el ámbito de producción como a nivel gerencial son segmentos de la automatización industrial. A través de esta, el ser humano ha evolucionado permitiéndole tener una mejor calidad de vida; las revoluciones industriales parten desde la invención de la maquina a vapor hasta la revolución informática y el aspecto social establecido en la Industria 4.0.

Esta edición aborda de manera muy cercana la implementación de la automatización moderna, orientada a la Industria 4.0, donde se discuten temas que van desde la aplicación tecnológica hasta la inteligencia aplicada a los sistemas de producción industrial utilizando técnicas modernas.

La automatización de manera intrínseca está asociada al ciclo de vida de producción de las empresas, por tanto, ligada estrechamente a sus aspectos informáticos y gestión de negocio, resumiendo la integración de la información a través de una red de datos altamente complejos, lo que gracias a los avances tecnológicos permite desarrollar un tratamiento eficiente, mejorando el rendimiento de la producción a través del conocimiento preciso de la evolución del proceso y su evaluación con su gemelo informático.

La Revista Científica UNET con el propósito de difundir conocimientos actualizados en el área, presenta éste volumen dedicado a la automatización con un enfoque a la Industria 4.0, a través de un conjunto de artículos de contribución multidisciplinarios y de reconocidos investigadores nacionales e internacionales relacionados al ámbito de la automatización moderna.

José Andrickson Mora
Coordinador invitado

SUMARIO

1)	ALGORITMO DE COLONIAS DE HORMIGAS PARA RUTEO DE VEHÍCULOS CON CAPACIDAD LIMITADA Y FLOTA HOMOGENEA	1
	Moreno, Joel; Aragón, Gunther	
2)	CONTROL DE ACCESO PARA EL LABORATORIO REMOTO DE MOTORES MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO	11
	Hernández, Edwin; Suarez, Glendy	
3)	ARQUITECTURA DE NEGOCIACIÓN EN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DINÁMICO	23
	Moreno, Joel; Andrickson, José; Pabon, María	
4)	SISTEMA AUTONÓMICO INTELIGENTE PARA PROCESOS PETROLEROS. (SAI2P)	33
	Lozada, Héctor; Camargo, Edgar; Aguilar, José	
5)	GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO DE UNA PLANTA VIRTUAL UTILIZANDO LA INTERFAZ TWINCAT Y VISUAL BASIC	50
	Moreno, Joel; Suarez, Glendy	
6)	FORMULARIOS WEB CON TÉRMINOS DIFUSOS	63
	Labbad, José; Rodríguez, Rosseline; Tineo, Leonid	
7)	CONTROL DIFUSO EMBEBIDO PARA CULTIVO PROTEGIDO	81
	Molina, Alberto; Andrickson, José; Pabon, María	

SUMMARY

1)	ALGORITHM OF COLONIES OF ANTS FOR ROUTING OF VEHICLES WITH LIMITED CAPACITY AND HOMOGENEOUS FLEET	1
	Moreno, Joel; Aragón, Gunther	
2)	ACCESS CONTROL FOR THE REMOTE LABORATORY OF SINGLE-PHASE AND THREE-PHASE MOTORS	11
	Hernández, Edwin; Suarez, Glendy	
3)	NEGOTIATION ARCHITECTURE IN DYNAMIC AUTOMATION PROCESS	23
	Moreno, Joel; Andrickson, José; Pabon, María	
4)	INTELLIGENT AUTONOMIC SYSTEM FOR OIL PROCESSES	33
	Lozada, Héctor; Camargo, Edgar; Aguilar, José	
5)	STORAGE MANAGEMENT OF A VIRTUAL PLANT USING THE TWINCAT AND VISUAL BASIC INTERFACE	50
	Moreno, Joel; Suarez, Glendy	
6)	WEB FORMS WITH FUZZY TERMS	63
	Labbad, José; Rodríguez, Rosseline; Tineo, Leonid	
7)	EMBEDDED DIFFUSE CONTROL FOR PROTECTED CROP	81
	Molina, Alberto; Andrickson, José; Pabon, María	

INDUSTRIAL

ALGORITMO DE COLONIAS DE HORMIGAS PARA EL ENRUTAMIENTO DE VEHÍCULOS CON CAPACIDAD LIMITADA Y FLOTA HOMOGENEA**ALGORITHM OF ANTS COLONIES FOR THE ROUTING OF VEHICLES WITH LIMITED CAPACITY AND HOMOGENEOUS FLEET****Autores:****Moreno, Joel A.; Aragón G., Gunther S.**

Laboratorio de Instrumentación, Control y Automatización, Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela

Corresponding Author: jamoreno@unet.edu.ve**RESUMEN**

Este artículo presenta el desarrollo de un algoritmo de colonias de hormigas para resolver el enrutamiento de vehículo con capacidad limitada y flota homogénea (CVRP-HF). La solución del problema consiste en determinar el número de vehículos necesarios para satisfacer la demanda de cada cliente y encontrar el camino más corto de las rutas que se generan debido a la capacidad limitada de cada uno de los vehículos, cada vehículo debe partir de un punto inicial llamado depósito y despachar la demanda de cada cliente retornando al depósito sin pasar dos veces por el mismo cliente. Para el análisis se leen los datos de cada instancia como son: posición geográfica dada por un punto en el plano con coordenadas (x,y) y la demanda de cada cliente, y se introduce manualmente a través de la interface de usuario, la capacidad del vehículo. En la investigación se escogieron instancias reales del grupo AUREN que se encuentran en la página: <http://www.bernabe.dorronsoro.es/vrp/> sección Instances específicamente las del grupo Augerat et al. que se encuentran dentro de la variante CVRP, dichas instancias son comúnmente utilizadas por diversos autores para la comparativa de desarrollo de algoritmos. Este caso contribuye en la práctica, al mejorar la planificación y asignación de las rutas de transporte en las empresas y reducir los costos de distribución de productos en las mismas.

ABSTRACT

This article presents the development of an ant colony algorithm to solve vehicle routing with limited capacity and homogeneous fleet (CVRP-HF). The solution to the problem is to determine the number of vehicles needed to meet the demand of each customer and find the shortest route of the routes that are generated due to the limited capacity of each vehicle, each vehicle must start from a point initial called deposit and dispatch the demand of each client returning to the deposit without passing twice by the same client. For the analysis, the data of each instance is read, such as: geographical position given by a point in the plane with coordinates (x, y) and the demand of each client, and manually entered through the user interface, the capacity vehicle. In the research, real instances of the AUREN group were chosen, which can be found on the page: <http://www.bernabe.dorronsoro.es/vrp/> Instances section, specifically those of the Augerat et al. that are found within the CVRP variant, these instances are commonly used by different authors for the comparison of algorithm development. This case contributes in practice, by improving the planning and allocation of transport routes in companies and reducing the costs of distributing products in them.

Palabras clave: problema de enrutamiento de vehículos, algoritmo heurístico y planificación.**Key words:** Vehicle routing problem, heuristic algorithm, routing and scheduling.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día algunos de los problemas que están presentando las empresas en el mundo de los negocios son los costos de transporte en el reparto de sus productos, los cuales constituyen un porcentaje significativo en los gastos de operación (Estrada, 2007). Esta fracción ha crecido en los últimos tiempos debido a factores como: mayor variabilidad en la demanda de los clientes, búsqueda de calidad total en la entrega de servicios, y por supuesto la competencia derivada de la globalización. En los últimos años, se empieza a desarrollar la investigación de operaciones, y en específico surgen formas analítico-matemáticas de solucionar el problema de distribución de productos, que tiene su componente más importante en el llamado **Problema de Enrutamiento de Vehículos** (VRP) que es el problema de determinar las mejores rutas para entregar productos a los clientes dispersos geográficamente (Olivera, 2004). Los primeros algoritmos para resolver el VRP aparecen a mediados de los años 50 (Vásquez, 2007). Casi en paralelo, se empiezan a desarrollar rápidamente los computadores, teniendo cada vez mayor poder de cálculo, lo cual permitía hacer implementaciones de estos algoritmos y así poder apoyar a las organizaciones a distribuir sus productos de forma más eficiente, y surgen así los **Sistemas de Enrutamiento de Vehículos Computarizado** (Hall, 2004).

El problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad y flota homogénea (CVRP-HF, capacitated vehicle routing problem with homogenous fleet) es un problema de programación entera que también se encuadra dentro de la categoría de los problemas NP-duro (Panda, 2008). Para este tipo de problemas, cuando el tamaño del mismo es excesivamente grande, es deseable encontrar soluciones aproximadas que puedan ser obtenidas con una rapidez relativa y que se encuentren cerca de la solución óptima. Generalmente, la literatura sobre VRP se centra en este tema: encontrar una solución exacta que no requiere tanto esfuerzo computacional o encontrar una solución

aproximada que, en un tiempo razonable, de lugar a soluciones aceptables.

La investigación desarrolla un algoritmo heurístico para resolver la planificación de trayectorias en un problema de enrutamiento de vehículos con capacidad limitada y flota homogénea.

La metodología para abordar el problema de estudio se implementa en un entorno de programación como es java Netbeans IDE 7.0.1 y desarrolla un algoritmo heurístico aplicado en dos fases. La fase 1: determina la cantidad de vehículos necesarios para cumplir con los requerimientos del número total de artículos pedidos. La fase 2: determina la ruta óptima del recorrido para la distribución de los productos. Se construye un grafo partiendo del caso de un VRP clásico simétrico en donde los clientes, sus demandas y las distancias entre ellos son conocidos. En el VRP clásico simétrico se considera que la distancia entre clientes es independiente de la dirección de recorrido (Martínez, 2011). Para luego emplear un algoritmo heurístico basado en la “optimización de colonias de las hormigas (ACO)”, el cual se inspira en el comportamiento que rige a las hormigas de diversas especies y así encontrar los caminos más cortos entre las fuentes de comida y el hormiguero (Rodríguez, 2010), de esta manera se logra el enrutamiento y planificación de trayectorias en un problema de enrutamiento de vehículos. Debido a que este algoritmo se ha probado en diversos problemas de optimización combinatoria y los resultados obtenidos han demostrado que poseen un desempeño destacado, además que se ha probado con éxito en problemas clásicos tales como el problema del viajante del comercio y el de determinación de rutas (Fernández & Bonilla, 2014), es por ello que fue empleada en esta investigación. Finalmente, se presentan los resultados al modelo planteado y las conclusiones.

MÉTODO

La investigación está enmarcada como proyecto factible, dando la oportunidad de realizar pruebas a un modelo que contribuye a solucionar

problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales, que en este caso será el desarrollo de un sistema basado en un algoritmo heurístico para disminuir los costos de distribución de productos a un conjunto de clientes que se encuentran dispersos geográficamente; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.

El estudio pretende desarrollar una aplicación para el análisis en la planificación de rutas, enfocado dentro de lo que hoy se conoce como: “Problema de Enrutamiento de Vehículos (VRP)”. Empleando para ello una plataforma de desarrollo que permita la compilación, depuración y ejecución de los programas.

Se seleccionó Java como software para la programación, específicamente Netbeans IDE 7.0.1, el cual es un entorno de desarrollo integrado libre y gratuito.

Las aplicaciones descritas fueron evaluadas en condiciones iguales en un computador Laptop marca DELL Inspiron N4030 con procesador Intel (R) Core (TM) i3 CPU M380 @ 2.53GHz y memoria DDR3 instalada de 3GB. Con estas condiciones se presentan los resultados obtenidos de las instancias empleadas para evaluar el desempeño de la alternativa algorítmica diseñada e implementada.

La alternativa diseñada para la solución del Problema de enrutamiento de vehículo con capacidad limitada y flota homogénea es una aproximación heurística que se desarrolla en dos fases:

Fase 1: En esta etapa se determina la cantidad de vehículos necesarios para cumplir con los requerimientos del número total de artículos pedidos, para ello inicialmente se pide como entrada cuál es la demanda de productos de cada cliente, posteriormente se ingresa la capacidad de cada vehículo que se supone que es la misma para el resto de los vehículos ya que se está

trabajando con flota homogénea (esto es una empresa que posee vehículos con las mismas características), con esta información el algoritmo aplica la técnica heurística del barrido o sweep el cual según (Daza *et al.*, 2009) establece que se construye un grupo de clientes que se forman girando una semirecta con origen en el depósito y se van incorporando los clientes barridos por dicha semirecta en un vector v_i hasta que se viole la restricción de capacidad, una vez cubierta la carga del primer vehículo, en caso de faltar clientes por atender entonces el proceso sería el mismo para los que quedan. Esta fase finaliza cuando se ha atendido el total de clientes, dando como resultado el número de vehículos necesarios para satisfacer la demanda. Con esta información se construye el conjunto de submatrices a partir de la matriz de adyacencia $[d_{ij}]$ de la instancia en estudio para cada grupo de clientes que fueron guardados en el vector v_i . Dicha matriz de adyacencia conformada por la distancia euclídea entre cada uno de los clientes se obtiene de la programación del mismo algoritmo y esta se usará como parámetro de entrada en cada una de las heurísticas. Debido a que los clientes almacenados en la lista se encuentran dispersos geográficamente y no se conoce la ruta óptima del recorrido es por ello que se continúa con la siguiente fase.

Fase 2: Es importante destacar que en esta fase se determina la ruta óptima del recorrido para la distribución de los productos, para ello es necesario el conjunto de submatrices que se formaron en la primera fase.

Para establecer la ruta óptima, se emplea un método de búsqueda de inteligencia colectiva con características simples de auto-organización como lo es “optimización de colonias de las hormigas”. En este método cada hormiga genera una ruta completa escogiendo un destino (ciudad) de acuerdo a una regla de transición de estados, dada por la ecuación 1:

$$p_{ij}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha x[n_{ij}]^\beta}{\sum [\tau_{ij}(t)]^\alpha x[n_{ij}]^\beta} \quad (1)$$

Donde:

$p_{ij}(t)$: probabilidad de que una hormiga t se mueva del nodo i al nodo j

$\tau_{ij}(t)$: rastro de feromona que deja la hormiga t en ir del nodo i al nodo j

n_{ij} : información heurística de sensibilidad entre los nodos i j

α y β : parámetros que determinan la influencia de la feromona y el conocimiento previo respectivamente.

El valor de n_{ij} se determina a través de la siguiente formula (ecuacion2):

$$n_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (2)$$

Las hormigas prefieren moverse a ciudades que están conectadas a caminos de bajo costo con una alta cantidad de feromona. Una vez que todas las

hormigas han completado su ruta, se aplica una regla de actualización de la feromona global de acuerdo con la ecuación 3:

$$\tau_{ij}(\text{nueva}) = \rho x \tau_{ij}(\text{vieja}) + \sum_{t=1}^{NH} \Delta \tau_{ij}(t) \quad (3)$$

Donde:

ρ : tasa de evaporación enmarcado por $0 < \rho < 1$

$\Delta \tau_{ij}(t)$: es la cantidad de feromona que una hormiga t a depositado en ir del nodo i al nodo j .

NH : representa el número de hormigas utilizadas

A continuación, se evapora una fracción de la feromona, mientras que por otra parte algunas hormigas depositan una cantidad proporcional de ella sobre los caminos que formaron parte de su ruta (de acuerdo al costo total de cada uno), lo cual provoca un incremento de feromona a través del tiempo (Goss, 1989). Luego, el algoritmo continúa procesando los cálculos de acuerdo a las ecuaciones establecidas, a través de este mecanismo, la colonia genera una convergencia común, dirigida a encontrar el camino más corto entre el nodo fuente y el nodo destino.

A continuación, se describe los pasos que se llevan a cabo para la realización de este algoritmo:

Paso 1: Inicializar el parámetro de control para la exploración q y la matriz de feromonas τ_{ij}

Paso 2: Ingresar los valores para las siguientes variables:

2.1 Número de Hormigas a utilizar: NH

2.2 Número de iteraciones: N

2.3 Factor de evaporación de la hormiga: ρ

2.4 Parámetros de influencia y visibilidad: α y β

2.5 Parámetro de control para la exploración: q

2.6 Inicializar la matriz de feromonas

Los parámetros N , NH , ρ , α , y β , son ajustados inicialmente en forma experimental a través del procesamiento de la data, escogiendo para ello una instancia en particular y analizando su comportamiento de manera tal que se logre obtener la ruta de recorrido más corta en el menor tiempo, posteriormente se mantienen fijos y son usados en cualquier matriz de adyacencia. Cabe destacar que estos datos son solicitados al usuario a través de un cuadro de diálogo realizado en java, donde se pide el valor de cada parámetro correspondiente, finalmente se selecciona el valor de cada parámetro que en su conjunto arrojen los mejores resultados de acuerdo al análisis.

Paso 3: Extraer los datos de la instancia y generar las submatrices correspondientes a partir de la matriz d_{ij} de acuerdo al procedimiento descrito en la fase 1.

Paso 4: Para cada submatriz aplicar el algoritmo ACO para determinar el mejor recorrido (distancia más corta) entre el conjunto de clientes y el depósito. Para ello:

Paso 5: Seleccionar el número de iteración en $I=1$;

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \text{Maximo}\{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot n_{ij}^{\beta}\} \text{ Si } q > q_0 \\ J \text{ De lo contrario} \end{cases}$$

Donde q_0 es un número aleatorio que se genera con la función `random()` y q un parámetro de calibración que determina el grado de exploración que se le desea dar a la selección, ambos en el intervalo $[0,1]$. J es el mecanismo de selección exploratorio: ruleta, torneo, aleatorio, por medio del cual el algoritmo escoge al azar usando para ello también la función `random()`;

Paso 7.4: Repetir los pasos 7.1, 7.2 y 7.3 hasta que el último nodo es visitado por la hormiga t ;

Paso 8: Incrementar la hormiga t en una unidad ($t=t+1$);

Paso 9: Si $t \leq NH$ entonces vaya al paso 7 en caso contrario vaya al paso 10;

Paso 10: Para cada una de las posiciones i, j de la matriz actualizar el depósito de la feromonía mediante la ecuación 3.

Paso 11: Incrementar la iteración I en una unidad ($I=I+1$);

Paso 12: Si $I \leq N$ entonces vaya al paso 6 de lo contrario vaya al paso 13;

Paso 13: Imprimir el mejor resultado;

Paso 14: Si existe otra submatriz vaya al paso 5 de lo contrario vaya al paso 15.

Paso 6: Seleccionar la hormiga número en $t=1$;

Paso 7: Construir la solución para la hormiga t ;

Paso 7.1: Calcular la probabilidad de selección del nodo j desde el nodo i (nodo i es el nodo en el cual se encuentra la hormiga) para la hormiga t usando la ecuación 1.

Paso 7.2: Generar el numero aleatorio (q_0) para la distribución uniforme en el rango 0 a 1.

Paso 7.3: Visitar el nodo siguiente de acuerdo al mecanismo de selección dado por:

Paso 15: Fin

Los parámetros en el algoritmo de colonias de las hormigas han sido seleccionados basados en experiencias (Gao *et al.*, 2008). Para limitar el tiempo de computación se hace un ajuste de los parámetros en forma experimental para intentar mejorar el rendimiento del algoritmo, el estudio se enfoca solo en aquellos parámetros que juegan un papel importante en el funcionamiento del algoritmo, entre los que se tiene: N , NH , ρ , α , y β (Aparicio, 2012).

Para el ajuste de parámetros del algoritmo ACO se parte de una matriz de adyacencia 11×11 , que se muestra en la Figura 1. Se selecciona esta matriz como punto de partida para ver la respuesta en el tiempo de dichos parámetros, sin embargo, el ajuste se podría realizar con cualquier matriz que tenga un número considerable de clientes.

En la Figura 1 se observa el conjunto de distancias que existe entre el depósito y cada uno de los clientes a visitar en el recorrido o la distancia entre un par de clientes, por ejemplo, la distancia que existe entre el depósito y el cliente número 4 es de 12, la distancia entre el cliente 3 y el cliente número 5 es de 13 y así sucesivamente.

		Clientes										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clientes	0	0	8	50	31	12	48	36	2	5	39	10
	1	8	0	38	9	33	37	22	6	4	14	32
	2	50	38	0	11	55	1	23	46	41	17	52
	3	31	9	11	0	44	13	16	19	25	18	42
	4	12	33	55	44	0	54	53	30	28	45	7
	5	48	37	1	13	54	0	26	47	40	24	51
	6	36	22	23	16	53	26	0	29	35	34	49
	7	2	6	46	19	30	47	29	0	3	27	15
	8	5	4	41	25	28	40	35	3	0	20	21
	9	39	14	17	18	45	24	34	27	20	0	43
	10	10	32	52	42	7	51	49	15	21	43	0

Figura 1. Matriz de adyacencia d_{ij} para la instancia sp11 de la librería VRPLIB.

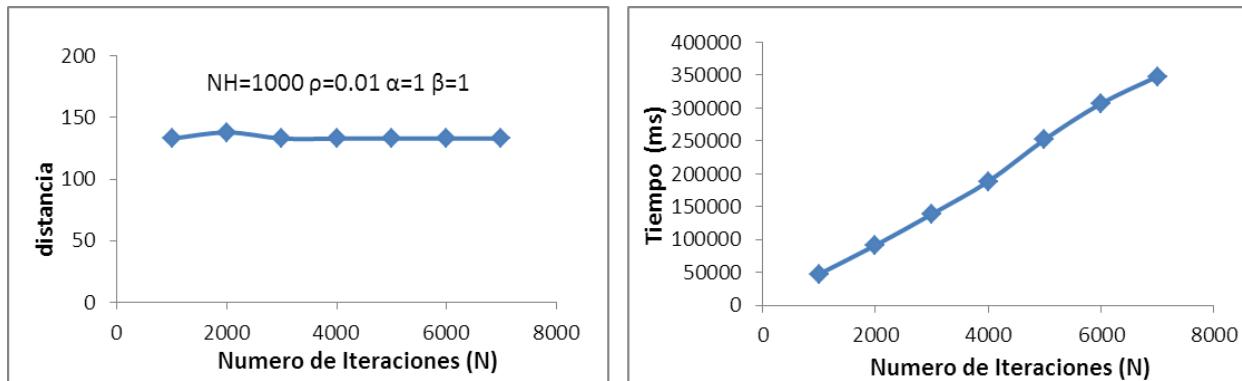


Figura 2. Variación del Número de Iteraciones (N).

Tomando como punto de partida los valores que se muestran en el gráfico de la Figura 2, es decir: $NH=1000$, $\rho=0.01$, $\alpha=1$ y $\beta=1$, se representa la distancia encontrada en cada iteración para cada valor de N así como también el tiempo de cálculo empleado por la computadora vs el

número de iteraciones (N) y de allí se selecciona aquel valor de N donde la distancia encontrada sea la menor en el menor tiempo, en este caso $N=1000$, se toma este valor para el siguiente análisis y se varía ahora el número de hormigas (NH). Ver Figura 3.

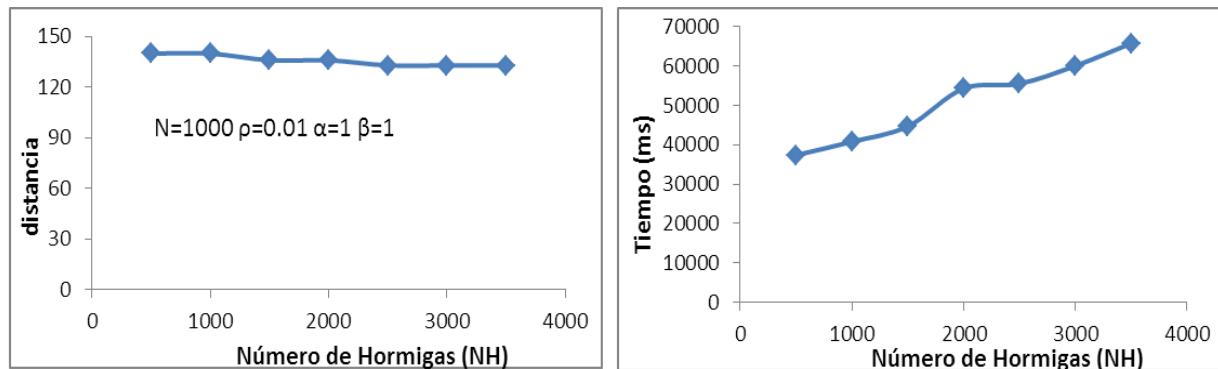
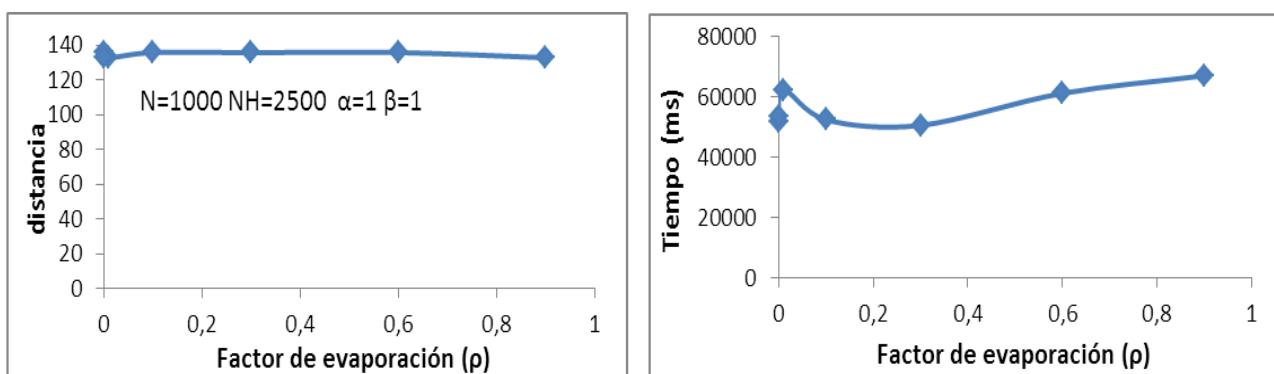


Figura 3. Variación de NH.

Se selecciona el NH en 2500 por ser la menor distancia en el menor tiempo para

un N de 1000 y ahora se varía el factor de evaporación. Ver Figura 4.



De acuerdo a los valores obtenidos en la respuesta del algoritmo se selecciona factor de evaporación en 0.001 dado que para este valor se

obtiene la mejor respuesta en cuanto a distancia y tiempo empleado, ahora se varía el factor alfa. Ver Figura 5.

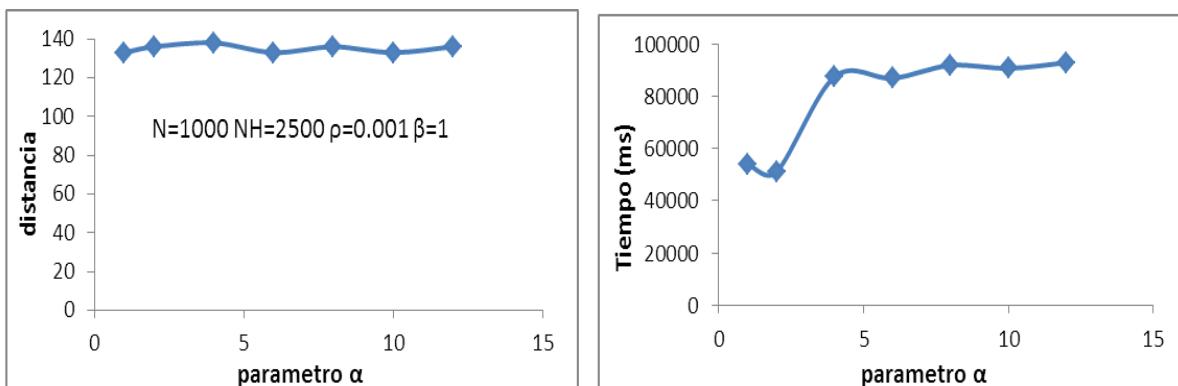


Figura 5. Variación de α

Se selecciona alfa 1 por ser la menor distancia en el menor tiempo con $N=$

1000, $NH= 2500$, $\rho= 0.001$ y se varía el factor beta. Ver Figura 6.

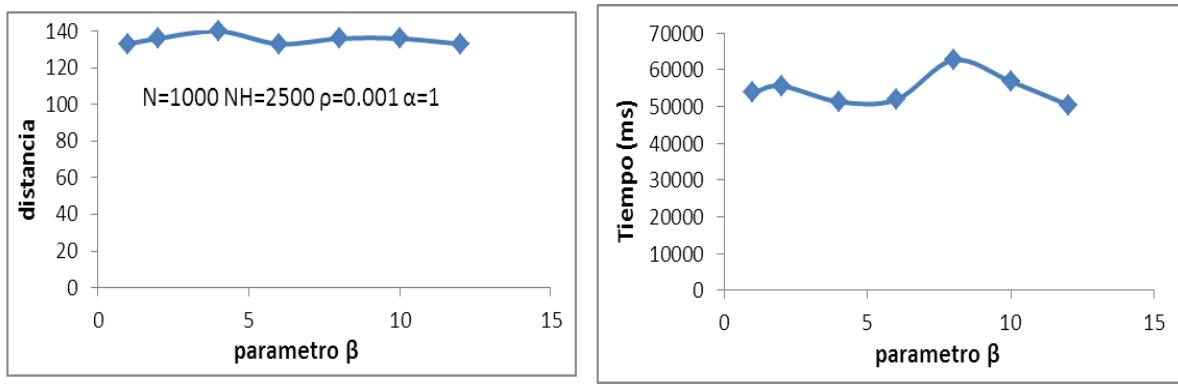


Figura 6. Variación de β

Finalmente se selecciona el parámetro $\beta=6$ encontrando la menor distancia y el menor tiempo con $N= 1000$, $NH= 2500$, $\rho= 0.001$, $\alpha=1$.

Estas curvas permiten mostrar el comportamiento de cada uno de los parámetros, en donde los valores fueron obtenidos uno a uno

por el procesamiento del algoritmo en el computador, registrando los resultados en una tabla y de allí se generó cada gráfico. Para el aplicando la técnica de comparación se extrajeron los mejores resultados.

De esta manera quedan ajustados los parámetros a través del algoritmo de optimización de colonias de hormigas, como se mencionó anteriormente estos ajustes se hicieron en forma experimental utilizando para ello las hojas de cálculo de Microsoft Excel.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con las ejecuciones de los algoritmos, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 1 para cada instancia que se analizó del CVRP-HF, cabe destacar que cada instancia puede ser consultada en la página web (<http://www.bernabe.dorronsoro.es/vrp/>), dicha página fue realizada en colaboración entre AUREN y el departamento de Lenguas y Ciencias de la Computación de la Universidad de Málaga la cual ha sido tomada como referencia por muchos autores para la presentación de los resultados de sus algoritmos. Cada una de estas instancias contiene la siguiente información: nombre de la instancia, autor, dimensión; es decir cantidad de clientes más el deposito, capacidad de cada vehículo, número de vehículos, coordenadas de cada nodo y demanda de cada cliente, toda esta información viene almacenada en un archivo de datos con extensión .vрр. Un total de 7 instancias del grupo propuesto por Augerat *et al*, 1997, fueron tomadas para el análisis en este trabajo. Dicho grupo cuenta con 3 conjuntos de variantes (conjunto A, conjunto B

y conjunto P). En éste caso solo fueron trabajadas instancias del conjunto “A”, pudiéndose haber trabajado con otro conjunto. La codificación de este conjunto de instancias se puede describir de la siguiente manera: X-NYY-KZ. Donde X es igual a A, B o P, que indica el autor de la instancia. YY es el número de nodos de la instancia, que contiene implícitamente el número de clientes correspondiente al número de nodos menos 1, ya que el primer nodo representa el depósito. Finalmente, Z es el número de vehículos con los cuales se debe satisfacer la demanda del total de los clientes.

Todas estas instancias cuentan con su valor óptimo global (BGO), así como la trayectoria de cada ruta representada por la secuencia del conjunto de clientes ordenados de acuerdo a la metodología aplicada. Estos valores pueden ser consultados en la misma página web donde se encuentran las instancias.

Para la validación de la metodología propuesta en la elaboración del algoritmo es necesario evaluar con instancias de prueba que hayan sido utilizadas en diferentes investigaciones a partir de los cuales se podrá medir tanto la eficiencia computacional como la precisión que tiene el algoritmo en alcanzar los óptimos globales dados en dichas instancias. La variable cuantitativa que se toma como punto de partida para la comparación entre los datos obtenidos es la función objetivo (F.O), definida como la distancia total recorrida por todos los camiones, así como también la función GAP definida como la diferencia porcentual que existe entre la solución de la metodología propuesta y el mejor óptimo global, la cual está dada por la ecuación 4:

$$GAP = \frac{Method_{sol}-BGO}{BGO} \times 100\% \quad (4)$$

El GAP presentado en la tabla 1 fue calculado del promedio de las 10 corridas que se hicieron por cada instancia (GAP.Prom). La tabla muestra además una columna que contiene el mejor óptimo global (BGO), tomado de la base de datos que se encuentra en la página web

mentionada anteriormente, dicho valor ha sido encontrado por investigadores aplicando metodologías de algoritmo exactos de exploración exhaustiva en el espacio de búsqueda. Además, en la tabla se detalla información adicional como es: el nombre de la

instancia tratada, el promedio de las funciones objetivos encontradas, el mínimo valor entre las soluciones, tanto para la técnica de Branch and

Bound (CVRP-BB) como para la técnica de optimización por colonias de las hormigas (CVRP-ACO).

Tabla1. Rendimiento del algoritmo ACO y BB para algunas instancias del CVRP

Instancia	BGO	Tipo de Medida	CVRP-BB			CVRP-ACO		
			Promedio	Mínimo	GAP.Prom	Promedio	Mínimo	GAP.Prom
A-n32-k5	784	F.O	926,32	926,23	15,36%	926,32	926,23	15,36%
		Tiempo(seg)	0,27	0,23		33,01	27,52	
A-n33-k5	661	F.O	982,55	982,55	32,73%	982,55	982,55	32,73%
		Tiempo(seg))	0,068	0,04		33,39	31,78	
A-n34-k5	778	F.O	929,69	929,69	16,32%	929,69	929,69	16,32%
		Tiempo (seg)	0,097	0,09		33,39	32,06	
A-n36-k5	799	F.O	1145,26	1145,26	30,23%	1145,26	1145,26	30,23%
		Tiempo (seg)	0,134	0,13		33,57	26,69	
A-n38-k5	730	F.O	964,37	964,37	24,30%	964,37	964,37	24,30%
		Tiempo (seg)	1,474	1,35		30,55	24,57	
A-n46-k7	914	F.O	1093,33	1093,33	16,40%	1093,33	1093,33	16,40%
		Tiempo (seg)	6,32	5,3		40,77	34,4	
A-n48-k7	1073	F.O	1311,93	1311,93	18,21%	1311,93	1311,93	18,21%
		Tiempo (seg)	11,98	8,09		43,53	31,6	

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos por cada uno de los algoritmos CVRP combinados con la heurística Branch and Bound y con la heurística Colonias de las hormigas, siendo Branch and Bound una heurística exacta, encuentra el óptimo global en un tiempo razonable en comparación con la heurística ACO para las diferentes instancias, observándose que a medida que el número de nodos se incrementa también lo hace el tiempo de procesamiento para encontrar la solución, aunque no lo hace de manera lineal, deduciendo que el tiempo empleado por ACO sea mayor debido al número de iteraciones que este necesita para llegar a un buen resultado. Prácticamente ambos algoritmos encontraron soluciones aceptables en el costo total de las rutas, dando para cada uno los mismos resultados, los cuales no se alejaron mucho de los mejores óptimos encontrados, oscilando con un GAP promedio entre un 15,36% para el valor más bajo en la instancia A-n32-k5 y un 32,73% para el valor más alto en la instancia A-n33-k5.

CONCLUSIONES

Se logró la programación del algoritmo de colonias de las hormigas en combinación con la fase de asignación de cargas por el método de barrido o sweep para resolver el problema de enrutamiento de vehículos con capacidad limitada y flota homogénea, obteniendo soluciones cercanas al problema en comparación con los valores óptimos globales presentados como salidas en cada una de las instancias analizadas requiriéndose tiempos de computación menores a un minuto.

El algoritmo heurístico como alternativa resulta muy provechoso en la práctica, para aquellas empresas de carga o mensajería que busquen mejorar la planificación y asignación de las rutas de transporte. Además, es notable el grado de optimización (reduciendo los costos de distribución de productos), en función de la distancia total recorrida.

REFERENCIAS

- Aparicio, D. Aplicación de los algoritmos de hormigas para la resolución de un RALBP. 2012
- Daza J., montoya J., narducci F. Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. 2009
- Estradas, M. Análisis de estrategias eficientes en la logística de distribución de paquetería. 2007
- Fernández J.A, Bonilla-Petriciolet A. Desarrollo de un algoritmo de optimización global en colonias de hormigas con selección de región factible para espacios continuos. 2014
- Gao L., zeng Y., Dong A. An ant colony algorithm for solving Max-cut problema. 2008
- Goss, S.; Aron, S.; Deneubourg, J y Pasteels J. Self-organized shortcuts in the Argentine ant. Naturwissenschaft, 76(12):579-581. 1989
- Hall, R. Change of Direction: Vehicle Routing Software Survey. OR/MS Today 31 (3). 2004
- Martínez, A. Cooperación en los problemas del viajante (TSP) y de rutas de vehículos (VRP): una panorámica. Universidad de Santiago de Compostela. España. 2011
- Olivera, A. Heurísticas para el problema de ruteo de vehículos. Instituto de Computación-Facultad de Ingeniería. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 2004.
- Panda, R. Problema de Enrutamiento de Vehículos. Universidad Nacional de Colombia. 2008.
- Rodríguez, J. Análisis de Algoritmos basados en colonias de las hormigas en problemas de camino mínimo. Escuela Politécnica Superior Ingeniería Informática. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2010.
- Vásquez, M. Desarrollo de un FrameWork para el problema de ruteo de vehículos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2007

INDUSTRIAL

CONTROL DE ACCESO PARA EL LABORATORIO REMOTO DE MOTORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS**ACCESS CONTROL FOR THE REMOTE LABORATORY OF SINGLE-PHASE AND THREE-PHASE MOTORS****Autores:****Hernández D., Edwin G.¹; Suárez B. Glendy S.²**¹Universidad Nacional Experimental del Táchira, Departamento de Ingeniería Electrónica.²Universidad Nacional Experimental del Táchira, Grupo de investigación de Bioingeniería.**Corresponding Author:** ehernan@unet.edu.ve**RESUMEN**

Esta investigación, aplica el diseño de un sistema de control de acceso a un laboratorio remoto para atender a los estudiantes de la Universidad del Táchira (UNET) que cursan la unidad curricular de eléctrica, a través de un sistema que coordine y verifique las prácticas de laboratorio usando Internet. El sistema está conformado por cuatro bloques: El primero corresponde a los motores de inducción de corriente alterna monofásicos y trifásicos usados en las prácticas del laboratorio. El segundo contiene el módulo de adquisición de datos de los motores y puerto de comunicación con la computadora. El tercero contiene los programas elaborados en lenguaje gráfico LabVIEW® para adquirir y medir señales y su procesamiento en tiempo real. El cuarto lo conforman los programas utilizados para el control de acceso al laboratorio a través de Internet. El método desarrollado en este trabajo solo integra los aspectos relacionados con el control de acceso de los usuarios del laboratorio, a los recursos que se requieran en cada práctica. El proyecto, permite incrementar el número de estudiantes atendidos en el área de laboratorio, economizando la infraestructura física y equipos para el desarrollo de las prácticas.

ABSTRACT

This research applies the design of an access control system to a remote laboratory to attend the students of the University of Táchira (UNET) who study the electrical curricular unit, through a system that coordinates and verifies the practices of using the Internet. The system consists of four blocks: the first corresponds to single-phase and three-phase AC induction motors used in laboratory practice. The second contains the data acquisition module of the motors and communication port with the computer. The third contains LabVIEW® graphical language programs to acquire and measure signals and their processing in real time. The fourth are programs used to control access to the laboratory through the Internet. The method developed in this work only integrates the aspects related to the access control of the users of the laboratory, to the resources that are required in each practice. The project, allows to increase the number of students attended in the laboratory area, saving the physical infrastructure and equipment for the development of the practices.

Palabras clave: Lenguaje gráfico, control de acceso, motores de inducción, Internet.**Key words:** Graphic language, access control, induction motors, Internet.

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), ha sido experimentada como solución en aplicaciones de educación, así es como concluye Ribotta *et al.* (2009) “*...la aplicación de los recursos tecnológicos para representar fenómenos físicos en entornos presenciales contribuye a mejorar el aprendizaje comprensivo de los conceptos de Física en estudiantes del primer año de las carreras de Ingeniería*”. (p.30). Las TIC se han empleado para la educación virtual tal es el caso de Placencia *et al.* (2015) implementando un nuevo proceso de enseñanza-aprendizaje de farmacología experimental en la facultad de medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú (UNMSM), mediante el uso del Laboratorio de simulación virtual, utilizando el software Microlab® y Rat CV. Una aplicación de las TIC en el área de ingeniería eléctrica y electrónica, se expone en este trabajo, cuyo desarrollo se enfatizó en el concepto del laboratorio remoto para el monitoreo de parámetros de voltaje, corriente, potencia y velocidad, en máquinas de corriente alterna monofásicas y trifásicas con modalidad a distancia, para los estudiantes que cursan laboratorio de ingeniería eléctrica en la UNET.

Actualmente la UNET, presenta dificultades en lo que refiere a espacios y adquisición de los equipos utilizados para el desarrollo de las prácticas de máquinas eléctricas, es por ello que se plantea la aplicación de laboratorio remoto como posible solución, considerado por Lorandi *et al.* (2011), como la evolución de los laboratorios virtuales, en este caso al sistema computacional se le agregan: instrumentación, control y acceso a los equipos reales, realizando las prácticas de forma local o remota a través de Internet, permitiendo al estudiante controlar los recursos disponibles, mediante el uso de software como LabVIEW®.

Por otra parte, los autores exponen que a diferencia de los Laboratorios Remotos (LR), los Laboratorios Virtuales (LV) son simuladores de un laboratorio convencional, utilizando los mismos procedimientos del laboratorio

convencional, en el que se puede incluir la programación de objetos dinámicos.

La modalidad remota, es vista por los estudiantes que emplean estos laboratorios como un aspecto positivo e innovador, tal como lo plantea Aliane (2010) en su trabajo de investigación “*...la totalidad de los alumnos desconocían la existencia de la experimentación remota, y lógicamente, les ha parecido un logro significativo poder acceder a los recursos de un laboratorio utilizando Internet*”. (p.89). Los laboratorios remotos, permiten que las instituciones educativas tengan la posibilidad de ofrecer estudios a distancia en las carreras de ingenierías y ciencias.

Algunas investigaciones han desarrollado el concepto del laboratorio remoto para diversas aplicaciones, como el caso de Jiménez *et al.* (2007), quienes desarrollaron un laboratorio de control remoto para elaboración de prácticas de controladores de procesos físicos reales en tiempo real utilizando como plataforma de programación Matlab y Simulink. También la investigación de De la Cruz *et al.* (2010), desarrollando un laboratorio remoto para las prácticas de automatización y control de procesos, utilizando como hardware una maqueta ubicada en el laboratorio de automatización industrial del Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Antonio José de Sucre, UNEXPO, Barquisimeto, Venezuela.

Para el desarrollo de este trabajo, se empleó el software LabVIEW® con funciones para medición de parámetros de los motores monofásicos y trifásicos, asociados a la conexión del hardware utilizado para realizar la primera aplicación del laboratorio remoto, siendo LabVIEW® (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) un entorno de desarrollo de aplicaciones para el procesado de señales, control, adquisición de datos e instrumentación desarrollado y mantenido por NI (*National Instruments*), las aplicaciones desarrolladas reciben el nombre de instrumentos virtuales o simplemente VI (Costa-Castelló *et al.*, 2010).

El principio de funcionamiento del control de acceso a los laboratorios remotos utiliza la arquitectura cliente servidor, se basa en el servidor Web que permite a un solo cliente a la vez, ingresar a la aplicación siempre y cuando aparezca registrado en la base de datos en el horario correspondiente. La experiencia que se presenta en este texto, consiste en acceder a través de una página Web al control de un motor eléctrico monofásico y trifásico para obtener medición de señales eléctricas como: corriente,

voltaje, potencia del motor, así como su velocidad de giro. Los programas están elaborados en lenguaje gráfico LabVIEW®, *adquieren* señales de corriente, voltaje, potencia y velocidad para el procesamiento en una computadora personal, el programa permite calibración y medición y procesamiento en tiempo real de variables medidas. El sistema del laboratorio remoto se muestra ilustrado en la Figura 1.

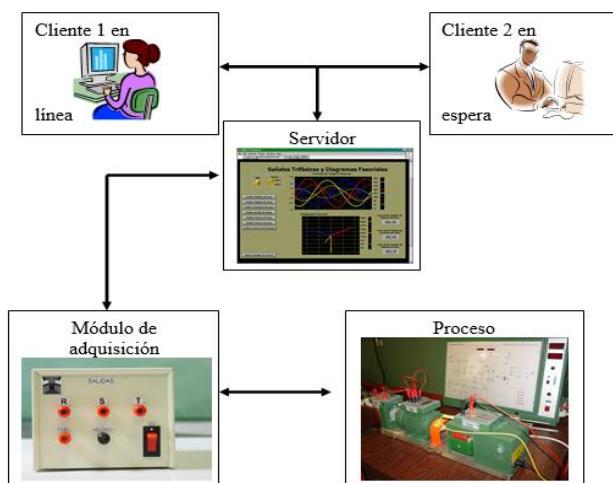


Figura 1. Sistema del laboratorio remoto.

El presente trabajo de investigación, diseña un sistema de control de acceso al laboratorio remoto de eléctrica vía Web, utilizando programas que adquieren y miden señales de los motores AC. El desarrollo de las prácticas vía Web, se expone en las siguientes secciones: el método, el cual describe los programas que se llevaron a cabo para el diseño de las páginas Web del laboratorio remoto de eléctrica, los resultados que muestran las pruebas del funcionamiento del control de acceso al laboratorio en aplicaciones remotas, y finalmente se presentan las discusiones de los resultados y conclusiones.

MÉTODO

1. Acceso a internet del laboratorio remoto de motores monofásicos y trifásicos.

Los programas que conforman el sistema de laboratorio remoto, fueron elaborados utilizando

las herramientas de programación: PHP, HTML, JAVASCRIPT, Dreamweaver, Mysql, objetos ActiveX, LabVIEW® y servidores Web de LabVIEW® y Apache Group. Se contemplan programas de diseño de base de datos, acceso a base de datos, diseño de páginas Web estáticas y dinámicas, incrustación de objetos ActiveX, además de los SubVI de LabVIEW®. A continuación, se describen cada uno de los programas desarrollados:

2. Generar bases de datos.

Las bases de datos usadas en el sistema son creadas en MySQL y el manejo de estas bases de datos, se realizaron en LabVIEW® LabSQL, basado en las componentes ActiveX (ADO) y que permite crear las tablas con todos los campos que defina el usuario. Para el programa se diseñaron tres bases de datos:

2.1 Base de datos de administrador: Contiene los campos asignados al administrador para

ingresar los nuevos usuarios que tendrán acceso a las prácticas del laboratorio remoto.

2.2 *Base de datos de acceso al laboratorio:*

Contiene los campos relacionados con los estudiantes matriculados al laboratorio.

2.3 *Base de Datos de horario de uso del laboratorio:*

Presenta los campos de acceso al laboratorio por fecha y hora de entrada y de salida del laboratorio.

3. Control de acceso a la base de datos:

Conformados por una serie de páginas Web dinámicas, para verificar los datos de los usuarios y su horario de uso del laboratorio que les permita el acceso al sistema. Estas páginas fueron programadas utilizando: PHP, JAVASCRIPT y HTML, utilizando el editor de páginas Web Dreamweaver. A continuación, se explica algunos de estos programas embebidos en páginas Web:

3.1 Inicio del laboratorio remoto: Página dinámica, diseñada para el inicio de sesión que enlaza la página principal con las demás páginas Web que conforman el laboratorio remoto.

3.2 Acceso a página principal del Laboratorio de Tecnología Eléctrica: Página dinámica, creada para recibir datos introducidos por el

usuario que corresponde al estudiante matriculado y validar su acceso.

3.3 Acceso a base de datos: Es una página dinámica, que verifica los datos ingresados del usuario y compara con la base de datos, para permitir o impedir el acceso al programa principal del laboratorio remoto. Todo estudiante matriculado puede acceder a la página principal del laboratorio remoto, pero solo aquellos que cumplan con el horario de acceso, puede manipular los instrumentos y desarrollar las prácticas de manera remota.

3.4 Introducir nuevos usuarios a la base de datos del Laboratorio de Eléctrica: A este programa sólo accede el administrador del laboratorio y se utiliza para ingresar los permisos correspondientes como el día y hora de trabajo que el estudiante ingresa al laboratorio. Se crea en un objeto ActiveX, para publicarlo en la página Web, el sistema opera con ambos servidores Web en paralelo el APACHE y el LabVIEW®, por puertos diferentes. Es necesario tener instalado el RealTIME de LabVIEW® en la aplicación cliente para que se pueda ver en forma remota el objeto ActiveX embebido en la página. La estructura de programación se puede explicar con el diagrama de flujo observado en la Figura 2:

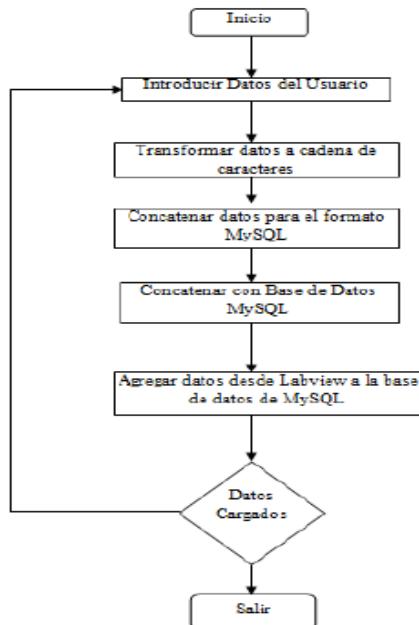


Figura 2. Diagrama de flujo de la base de datos.

4. Página principal del laboratorio remoto:

Es una página Web que contiene el encabezado de identificación de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) y del Laboratorio de Ingeniería Eléctrica, un menú de selección para acceder a los diferentes enlaces o recursos de la página del laboratorio remoto y la opción de retornar al usuario a la página principal de acceso al laboratorio. Los recursos que se muestran en esta página son los siguientes:

- 4.1** Bases teóricas para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, presentadas en formato word y pdf, archivos que permiten al estudiante consultar bases teóricas, que facilitan el cumplimiento de los objetivos para cada práctica.
- 4.2** Chat para la comunicación en tiempo real con el docente y personal técnico encargado del área, en el momento de realizar las mediciones.
- 4.3** Prácticas del laboratorio de eléctrica, para la medición de parámetros de los motores de AC, se presentan en formato word y pdf las prácticas diseñadas para el desarrollo de las prácticas de motores.
- 4.4** Enlaces de interés, muestra al usuario todos los enlaces de interés como correo

electrónico del personal docente y personal técnico, también se presenta el enlace a la unidad de Control de Estudios, de tal forma que el estudiante pueda visualizar las notas de cada práctica del laboratorio.

- 4.5** Control de acceso al software de medición y adquisición de datos de los motores, restringido por la base de datos de asignación de horarios.
- 4.6** Cámara IP para observar el proceso en tiempo real, es una página Web donde se visualiza el funcionamiento del proceso en tiempo real.

5. Prácticas del Laboratorio de Eléctrica en Tiempo Real:

Permite al usuario manejar todos los programas de LabVIEW® para medición de los parámetros de interés de los motores AC. El usuario puede abrir aquellos programas que correspondan a la práctica de la semana, ya que estos programas estarán realizándose en tiempo real en el servidor. En la tabla 1, se observan las mediciones que se realizan de acuerdo a la práctica que se seleccione.

Tabla 1. Programas de medición según las prácticas del laboratorio de Ingeniería Eléctrica.

Prácticas	Programas de Medición
Comportamiento fasorial en función de distintos valores de carga en un motor de inducción jaula de ardilla	1. Datos de Placa. 2. Ondas y Fasores
Corriente en el arranque con diferentes valores de carga para motores de inducción jaula de ardilla	1. Datos de Placa. 2. Corriente de Arranque. 3. Tacómetro
Ensayo con carga en un motor jaula de ardilla.	1. Potencias Trifásicas. 2. Voltímetro y Amperímetro. 3. Tacómetro
Arranque del motor de inducción.	1. Corriente de arranque. 2. Tacómetro. 3. Revisar datos corrientes de arranque.
Funcionamiento bajo carga.	1. Señales trifásicas y diagramas de fasores. 2. Potencias trifásicas. 3. Voltímetro y Amperímetro. 5. Tacómetro.

A continuación, se explica la función de los programas de medición en LabVIEW®, que se utilizaron para desarrollar algunas de las prácticas nombradas en la tabla 1:

- 5.1 Introducir los Datos de Placa de los motores AC:** Es una página Web con un panel frontal embebido como un objeto ActiveX, que presenta el SubVI utilizado para cargar en tiempo real los datos de placa del motor.
- 5.2 Medición de velocidad de los motores:** Es una página Web con un panel frontal embebido del SubVI del tacómetro, que mide en tiempo real la velocidad del giro del motor, a través de la tarjeta de adquisición de datos.
- 5.3 Prueba de corriente de arranque del motor para distintos valores de carga:** Es una página Web con un panel frontal embebido de un SubVI, que funciona como instrumento de medición de la Corriente de Arranque de los motores AC.
- 5.4 Medir señales Trifásicas de Ondas y Fasores:** Es una página Web con un panel frontal embebido de un SubVI, que funciona como osciloscopio para medir y visualizar los voltajes trifásicos y el diagrama fasorial de los motores.
- 5.5 Prueba de medición de la Potencia Trifásica:** Es una página Web con un panel frontal embebido de un SubVI, que funciona como un vatímetro, para medir y

visualizar la potencia trifásica de los motores AC.

5.6 Prueba de medición de Voltaje: Es una página Web con un panel frontal embebido de un SubVI, utilizado como instrumento de medición en tiempo real para medir el voltaje de línea de los motores AC.

5.7 Prueba de medición de Corriente: Es una página Web con un panel frontal embebido de un SubVI, que funciona como instrumento de medición de corriente de línea.

Los programas se desarrollaron en el servidor Web del LabVIEW®, en la herramienta *Web Publishing Tool*. Cada vez que se crea un instrumento virtual (Sub VI), se debe construir su respectiva página en formato HTML, con un contenedor ActiveX que debe incluir el panel frontal del programa.

RESULTADOS

En la Figura 3, se muestra el sistema de control de acceso al laboratorio remoto de motores monofásicos y trifásicos a través de un diagrama de flujo, el cual generaliza la secuencia que realiza el estudiante, personal técnico o docente para llevar a cabo el acceso al laboratorio y la interacción dinámica que el usuario realiza con la página.

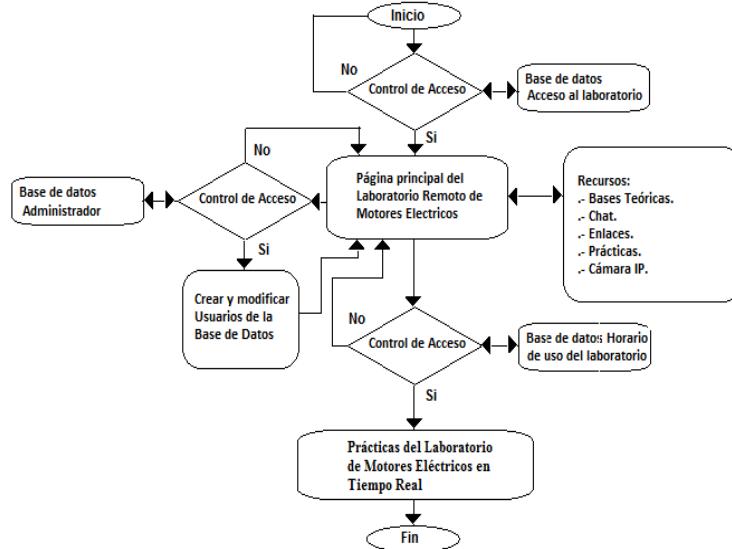


Figura 3. Sistema de acceso del laboratorio remoto.

Se utilizó una computadora portátil marca Toshiba, para acceder al equipo servidor ubicado en el Laboratorio de Instrumentación, Control y Automatización LICA edificio A de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), allí se encuentran junto al servidor, el motor AC de prueba, el módulo de adquisición de datos y la cámara IP. El equipo utiliza servidores Web de Apache y LabVIEW®, conectándose a una dirección IP fija.



Figura 4. Página de inicio al laboratorio de eléctrica

Página de acceso: Al pasar la página de inicio, aparece otra página que presenta un formulario que solicita al usuario, datos personales y

La conexión con el servidor se realizó de forma exitosa, logrando acceder a cada una de las secciones del portal Web, así mismo se verificaron los SubVI de las prácticas, de igual forma se corroboró la funcionalidad de la aplicación de video con la cámara IP. La página de presentación del laboratorio se muestra en la Figura 4:

código de acceso para poder ingresar a la página principal del laboratorio, como se observa en la Figura 5.

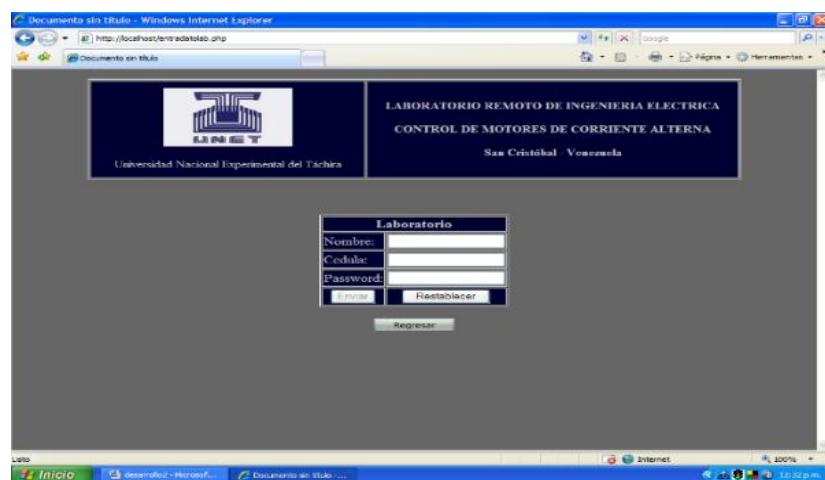


Figura 5. Página de acceso

Página para la interacción con el laboratorio de eléctrica: Si el usuario aparece registrado en la base de datos, puede acceder a la página principal del Laboratorio de Eléctrica como se muestra en la Figura 6, la cual presenta una serie

de recursos acerca del laboratorio: Prácticas de laboratorio en tiempo real, contenido, consultas, ingreso a base de datos, evaluaciones, entre otros.

CONTROL DE ACCESO REMOTO PARA LABORATORIO

Hernández, E.; Suárez, G.



Figura 6. Página de inicio para la interacción con el laboratorio de eléctrica

Página de control de acceso del administrador:
Se utiliza solo por el administrador, para agregar estudiantes a la base de datos. Se ingresa desde un enlace presente en la página principal, accediendo a un SubVI con la aplicación que

permite crear nuevos usuarios y asignar sus datos a la base horarios de uso del laboratorio. En la Figura 7, se observa el SubVI para registrar usuarios en la base de datos.

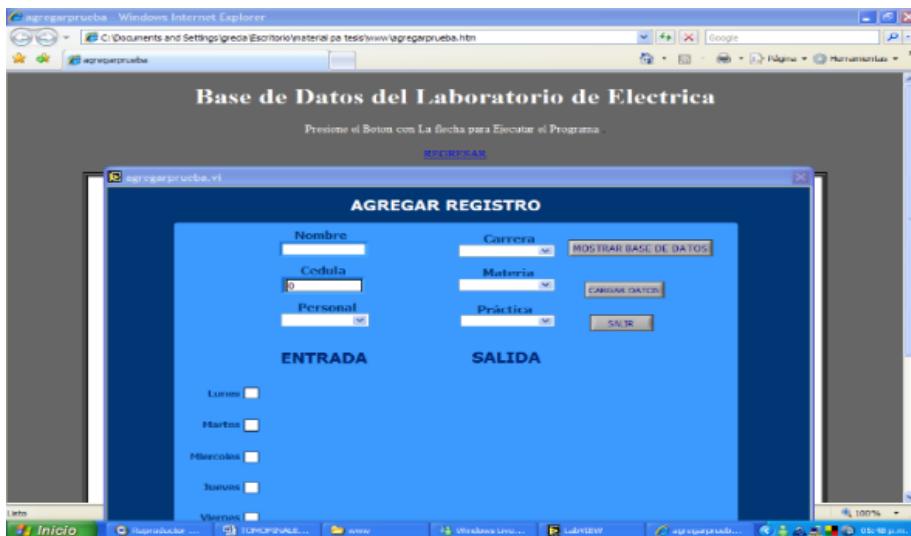


Figura 7. Programa para modificar base de datos de los estudiantes

Página de acceso a la práctica del laboratorio en tiempo real: Conforma la parte más importante del sistema, se visualiza seleccionando el enlace **Laboratorio**. El

programa para dicha aplicación nuevamente exige un control de acceso, pero verificando el día y la hora que le fue asignado al usuario, como se observa en la Figura 8.



Figura 8. Acceso al laboratorio de eléctrica en tiempo real

Página para desarrollar las prácticas de laboratorio: Al acceder a las prácticas de laboratorio, se abre la página que contiene las

cinco prácticas del laboratorio de eléctrica a desarrollar en tiempo real, como se muestra en la figura 9.

LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRICA		
Prácticas	Programas de medición a utilizar en la práctica	Ayudas sobre los Programas
Práctica N° 1: Transformadores	1. Potencia Monofásica	Potencia Activa Monofásica
Práctica N° 2: Motores de Inducción, Ensayo en Vacío.	1. Datos De Placa 2. Ensayo a Rotor en Vacío 3. Tacómetro 4. Revisar Datos de Prueba Rotor Vacío	1. Datos De Placa 2. Ensayo en Vacío 3. Tacómetro
Práctica N° 3: Motores de Inducción, Ensayo a Rotor Bloqueado.	1. Datos De Placa 2. Ensayo a Rotor Bloqueado 4. Revisar Datos de Prueba Rotor Bloqueado	1. Datos De Placa 2. Ensayo a Rotor Bloqueado
Práctica N° 4: Arranque del Motor de Inducción.	1. Corriente de Arranque 2. Tacómetro 3. Revisar Datos de Corriente de Arranque	1. Corriente de Arranque 2. Tacómetro
Práctica N° 5: Funcionamiento Bajo Carga.	1. Señales Trifásicas y Diagramas Fasoriales 2. Potencias Trifásicas 3. Voltímetro	1. Señales Trifásicas y Diagramas Fasoriales 2. Potencias Trifásicas 3. Voltímetro

Figura 9. Prácticas de laboratorio en tiempo real

La práctica uno relacionada con potencia monofásica, utiliza un panel frontal que aloja, voltímetro, amperímetro, vatímetro, factor de

potencia y ángulo de la diferencia de fase. En la figura 10, se observa el panel frontal del programa de potencia monofásica.

CONTROL DE ACCESO REMOTO PARA LABORATORIO

Hernández, E.; Suárez, G.



Figura 10. Medición de potencia activa monofásica

En la práctica uno también se encuentra una página Web que sirve de ayuda para el desarrollo de la práctica uno de potencia monofásica,

indicando el modo de operación e identificando cada uno de sus componentes, tal como se muestra en la figura 11.

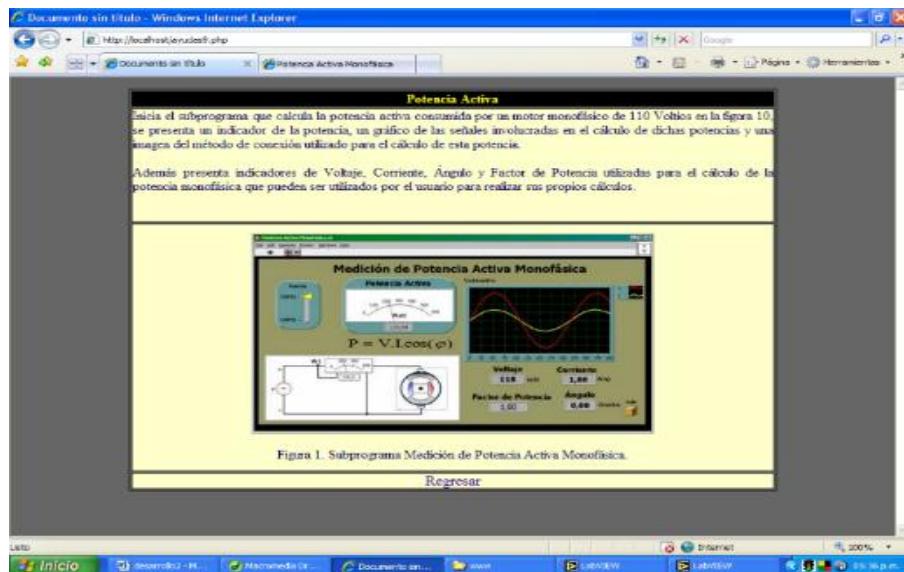


Figura 11. Página de ayuda para la medición de potencia monofásica

Las cinco prácticas presentan las mismas estructuras con mediciones diferentes y acompañadas respectivamente de la página de ayuda para realizar cada medición. En la figura 12, se observa el resultado de la gráfica de la

práctica número cinco, que refiere al funcionamiento del motor bajo carga. Para esta práctica se utilizaron instrumentos de medición como: voltímetro, amperímetro y tacómetro.

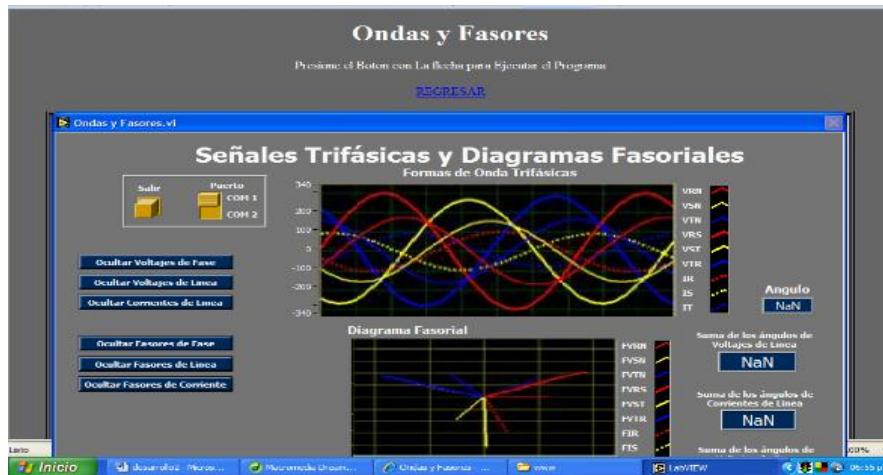


Figura 12. Señales trifásicas y diagramas fasoriales

Cámara IP para el laboratorio remoto: Para visualizar los motores manipulados en tiempo real, se recurrió a una cámara IP, con dirección IP fija, se utilizó la cámara IP modelo SCH

1000W, marca JEEF. En la Figura 13, se observa la cámara y su funcionamiento, vista desde una página html.



Figura 13. Vista de motor CA con la cámara IP.

DISCUSIÓN

El módulo de los motores de cada práctica no puede ser usado al mismo tiempo por distintos usuarios. En este sentido el administrador de la página de control de acceso define el uso del recurso a través de tiempos establecidos para el procesamiento de la información, según el horario correspondiente y la sección correspondiente de la base de datos manipulada

por el administrador. El tiempo de uso del recurso remoto para la ejecución de las prácticas, debe ajustarse para que todos los estudiantes de la sección puedan acceder al sistema en el horario programado para este laboratorio.

Las pruebas realizadas con el video utilizando el recurso de la WebCam de LabVIEW®, se desarrollaron de tal forma que el video quedará

embebido en el panel frontal donde se realizaron las mediciones de los parámetros, sin embargo, esto último generó retardos de adquisición de las variables del proceso y del procesamiento del video en tiempo real, es por ello que se decidió utilizar el recurso del video a través de una cámara IP, la cual visualiza el video fuera del panel frontal del programa.

CONCLUSIONES

El acceso al recurso de los laboratorios a través de la red, flexibiliza los horarios para el desarrollo de las prácticas, superando las limitaciones de los laboratorios presenciales, relacionadas con la capacidad física del laboratorio.

El supervisor encargado del laboratorio tendrá la experticia tanto en el contenido de las prácticas, como en la manipulación adecuada de la administración de la base de datos y los diferentes recursos del laboratorio remoto.

LabVIEW® fue empleado en este proyecto como el software principal que establece la adquisición y comunicación con el hardware que adquiere las señales de los motores y las transmite vía remota, mostrando alta fiabilidad con tiempo mínimo de retardo para la transmisión de las señales, demostrando que es un programa factible para implementarse en laboratorios remotos así como concluye en su investigación Molina *et al.*(2017) “...LabVIEW, se presenta como una alternativa viable para la implementación de un módulo experimental de acceso remoto, ya que garantiza las herramientas de comunicación, adquisición de datos, control de hardware, tratamiento de imágenes digitales y diseño de interfaces gráficas...”.(p.110).

REFERENCIAS

Aliane, N. Experiencia de uso de un laboratorio remoto de control. Revista Iberoamericana de

- Automática e Informática Industrial. 7(1):85-90.2010.
- Costa-Castelló, R.; Vallés, M.; Jiménez, L.M.; Diaz-Guerra, L.; Valera, A. y Puerto, R. Integración de dispositivos físicos en un laboratorio remoto de control mediante diferentes plataformas: Labview, Matlab y C/C++ Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. 7(1):23-34.2010.
- De la Cruz, F.; Díaz-Granados, M.; Zerpa, S. y Giménez, D. Web-LABA: Laboratorio Remoto de Automatización Industrial. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. 7(1):101-106.2010.
- Jiménez, L.M.; Puerto, R.; Reinoso, O.; Ñeco, R.P. y Fernández, C. Remote Control Laboratory Using Matlab and Simulink. Revista Computer Applications in Engineering Education. DOI: 10.1002/cae.20274.2007.
- Lorandi, A.; Hermida, G.; Hernández, J. y De Guevara, E. Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. Revista Internacional de Educación en Ingeniería. 4:24-29.2011.
- Molina, C.; Calvo, A. y Pamplona, L. Desarrollo de un módulo experimental de difracción de la luz para un laboratorio de física controlado de forma remota. Revista Prospect. 15(1): 100-111.2017.
- Placencia, M.; García, C.; Mendoza, H.; Tenorio, L.; Silva, J. y Carreño, J. Nivel de satisfacción de estudiantes en el diseño e implementación del laboratorio de simulación virtual en la Sección de Farmacología de la Facultad de Medicina de la UNMSM. Revista Horiz Med. 15(3): 51-56.2015.
- Ribotta, S.; Pesseti, M. y Pereyra, S. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) Aplicadas a la Comprensión de Gráficos en Cinemática. Revista Formación Universitaria. 2(5):23-30.2009.

INDUSTRIAL

ARQUITECTURA DE NEGOCIACIÓN EN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DINÁMICO

NEGOTIATION ARCHITECTURE IN DYNAMIC AUTOMATION PROCESS

Autores:

Moreno, Joel A.; Andrickson M., José; Pabón, María T.

Laboratorio de Instrumentación, Control y Automatización, Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela

Corresponding Author: jamoreno@unet.edu.ve

RESUMEN

Los sistemas dinámicos de monitores basados en eventos discretos son importantes en la integración de los sistemas de manufactura. Esta investigación se fundamenta en el diseño de un sistema de integración vertical y horizontal de un proceso de automatización basado en la negociación de tareas y recursos para definir un sistema dinámico de producción con alta tolerancia a fallas. Para esta investigación plantea un problema metodológico que se ha identificado mediante el análisis de la estructura de la organización, la comunicación y la comprensión de los datos y las técnicas de automatización y arquitecturas. Por último, el proceso automatizado y de estudio específico de cada etapa, subetapas y actividades, incluyendo algunas de supervisión, la gestión de la simulación de procesos de producción y evaluación de desempeño de acuerdo a las negociaciones.

ABSTRACT

Starting with the importance they have monitoring systems and control based on discrete events and their integration with business systems, this research was designed the system of horizontal and vertical integration of an automated process based on negotiation, to show the performance and improving management of the production process. For this research raises a methodological problem which was identified by analyzing the structure of the organization, communication and understanding of data and automation techniques and architectures. Finally, the automated process and specified study each stage, sub-stages and activities, including some supervisory, managing the production process simulation and performance evaluation according to the negotiations.

Palabras clave: Automatización, Negociación, Agente, Sistema a Eventos Discreto.

Key words: Automation, Negotiation, Agent, Discret Event Systems.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los avances tecnológicos e informáticos al alcance de todos, han llevado a la humanidad a idear metodologías para la estructuración de las organizaciones, y comunicación en plataformas heterogéneas; así como técnicas y arquitecturas de automatización. Las empresas poseen un conjunto de sistemas de información y control que trabajan en forma coherente y coordinada para lograr el objetivo de producción, y es aquí donde entra en juego la integración.

Los sistemas de manufactura buscan un incremento en la eficiencia y sobre todo en distribución su complejidad para generar sistemas flexibles y de mayor beneficio económico. La gestión de los sistemas actualmente, lento para coordinar y tomar decisiones, conllevan al planteamiento de un diseño de integración horizontal y vertical mediante: negociación, comunicación de información y estructura organizativa flexible, que aumente el rendimiento del proceso de producción.

La integración de los sistemas (Rosenschein & Zlotkin, 1994) es un problema que va más allá de la simple interconexión física de los equipos, para la solución de este problema han surgido propuestas que van desde la integración de estos sistemas a través de una interfaz gráfica común, hasta la integración de los procesos de negocios inter-empresas basados en nuevas tecnologías de información y comunicación. La integración se puede plantear de acuerdo a los modelos de automatización industrial: Modelado Vertical del proceso, asociado a una jerarquía de decisiones, y Modelo Horizontal del proceso, asociado al flujo de información del producto; en ambos modelos, el proceso de negociación es fundamental para establecer los acuerdos.

La negociación se puede mirar bajo una perspectiva racional, como un proceso de seis pasos (Hernández, 1995): definir el problema, identificar aspectos, ponderar criterios, generar alternativas, evaluar alternativas, formular solución. De manera general se pueden establecer los diferentes tipos de negociaciones: por asignación de tareas, por asignación de recursos, y por resolución de conflictos. También la negociación se puede clasificar en simétrica o asimétrica.

La “negociación automatizada” trata tres puntos (Albin, 1992): Protocolos de negociación que definen el conjunto de reglas que gobiernan la interacción, los objetos de negocio que definen el rango de los

acuerdos, y el modelo de toma de decisión de los actores que plantea el mecanismo de toma de decisión para lograr sus objetivos. En el artículo se presenta una arquitectura de negociación sobre un sistema de manufactura dinámico de inteligencia distribuida (DAI) (Sosa & Ramos, 1999).

1.1. Estado del Arte.

Las arquitecturas establecen la estructura organizativa y funcional de los componentes de una empresa, logrando una optimización en el manejo de recursos y procesos de producción. Las arquitecturas actuales afrontan el reto de los sistemas distribuidos y dinámicos, para lo cual la programación y negociación de los recursos y métodos ofrecen un camino acertado. Entre las principales arquitecturas encontramos la holónica (presentados por Arthur Koestler (Koestler, 1969) para explicar cómo evolucionan los sistemas biológicos y sociales), agentes, y la computacional con bloques funcionales. Además del planteamiento basado en la unidad de producción holónica (holón industrial). La unidad de producción (Chacón & Besembel, 2004; Chacón & DeSarrazin, 2004), manejan tanto los aspectos lógicos, como físicos de la empresa de manufactura dinámica. Entre las principales referencias de implantación para un sistema ágil y flexible (Laitao & Restivo, 2006) podemos considerar los sistemas auto-organizados, y los sistemas multi-agentes. Existe gran interés en el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial distribuida (DAI), principalmente basado sobre los sistemas holónicos y la implementación a través de los sistemas multi-agentes.

Los sistemas auto-organizados, metamórficos, y auto-configurables; representan sistemas dinámicos, con aspectos estructural, organizativo, y funcional que permiten alcanzar la meta del sistema. La estructura organizativa de la arquitectura permanece inalterada, siempre que no suceda algún evento externo o interno que dispare la acción de cambio. Los sistemas auto-organizados determinan sus propias características de funcionamiento (organizativo y funcional), auto-determinando sus acciones y cooperación con otros elementos de la arquitectura. Los sistemas ágiles y flexibles, poseen adaptabilidad y cambios en entornos de manufacturas. Una empresa ágil es capaz de responder ante los cambios de las demandas y la tecnología de mercado (Tharumarajah, 2003).

Los sistemas multi-agentes representan la nueva tendencia en la ingeniería de software y aplicaciones industriales, esta idea proviene de la influencia de la orientación a objeto y la inteligencia artificial

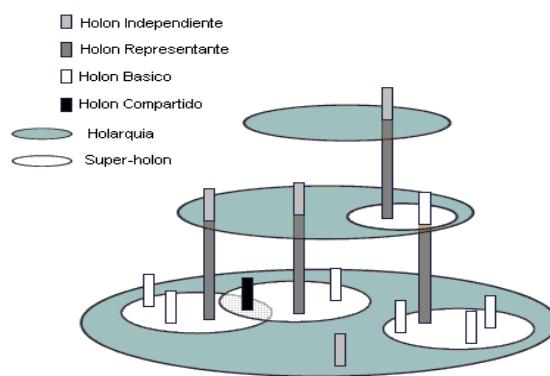
distribuida. Las comunidades de los sistemas multi-agentes y los sistemas holónicos son los que más trabajos en el área de las empresas de manufacturas desarrollan; todo dentro de un entorno de sistemas distribuidos de inteligencia artificial. Los sistemas se fundamentan en la negociación de los elementos de la arquitectura, lo cual define un sistema dinámico de programación (Sosa & Ramos, 1999; Cossentino *et al.*, 1997). Algunos acuerdos de los agentes y los sistemas distribuidos son planteados en (Cossentino *et al.*, 1997; Parunak, 2002; Wooldridge & Jennings, 1995; Penya & Sauter, 2002), donde cada agente debe poseer: autonomía, sociabilidad, y solución de problemas orientado a la coordinación de tareas. En implementación, la universidad de Keele propone una arquitectura para sistemas basada en agentes y bloques funcionales (Fletcher & Deen, 2001); norma IEC61499.

Los agentes tienen la facultad de migrar (PABADIS, 2010), llevando las tareas a cada proceso, por tanto, la

característica de movilidad y no movilidad de los agentes proporciona una característica innovadora en el desarrollo de los sistemas distribuidos. Los sistemas multi-agentes y los sistemas holónicos multi-agentes (HMAS) (Parunak, 2002; Wooldridge & Jennings, 1995; Penya & Sauter, 2002), introducen un nuevo sistema de programación de aplicaciones industriales, muy diferente a los sistemas tradicionales.

Los sistemas basados en agentes se agrupan en sistemas de jerarquías dinámicas, definidas a inicio del planteamiento de empresa, la cual se modifica solo si se hace presente un evento interno o externo que modifique la planificación o programación del sistema. Cada holón o agente puede tomar alguna de las siguientes atribuciones: independiente, representante, básico o compartido; en función al o los dominios de cooperación al que pertenezca. En la figura 1, se muestra un esquema representativo.

Figura 1. Holarquía



1.2. La Producción y la Negociación.

La negociación es un tema de investigación en la comunidad de inteligencia artificial distribuida (DAI). El término negociación, sin embargo, se ha usado en una variedad de maneras. Para algunos investigadores, la negociación sirve como un mecanismo para asignar y coordinar tareas, las asignaciones de recursos, y para decidir cómo resolver un problema. En estos sistemas, se busca aumentar la eficiencia a través de la comunicación entre elementos (o equipos) de un mismo nivel y con elementos y/o equipos de otros niveles (superior o inferior). Entre unas de las referencias de sistemas de negociación encontramos a PABADIS, 2010, quien plantea una estructura organizativa de control de

proceso basada en agentes y sistemas distribuidos jerarquía dinámica.

MÉTODO

En virtud que los sistemas de manufactura son a gran escala y complejos, es difícil abordar desde el punto de vista integral; en éste trabajo se aborda el control supervisorio de un sistema de manufactura de producción de cerveza desde el punto de vista de modelado e implementación con tecnología de sistemas a eventos discretos. El planteamiento consiste en solucionar el problema de compartir recursos e insumos entre diversas empresas productoras de cerveza, a través de métodos de negociación, donde cada unidad es autónoma y posee

su propio sistema de supervisión que se integra al sistema supervisorio general; para esto se plantea un sistema de control y toma de decisiones distribuido, donde cada elemento interno de la empresa pueda intercambiar información entre sí y con otros elementos externos; sin tener que recurrir a instancias superiores para planificar su producción.

2.1 Proceso de Elaboración de Cerveza.

El proceso de elaboración de cerveza se describe a través de un sistema de eventos discreto; controlado también a través de un sistema de control supervisorio discreto, que se basa en su modelo interno y las variables de comportamiento del proceso (imagen), ver figura 2.

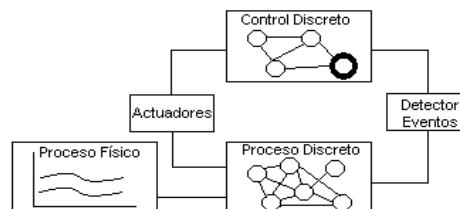


Figura 2. Esquema del Proceso de Elaboración de Cerveza.

El proceso y el controlador son descrito como sistemas de autómatas finitos, donde el proceso es un generador y el sistema de control supervisorio (Control Discreto) es un detector de eventos

discretos, que tiene como función principal evaluar la evolución del sistema y llevarlo al estado deseado. Los autómatas de estado finito se definen como una quintupla G , ver ecuación 1.

$$G = (X, \Sigma, f, x_0, X_m) \quad (1)$$

Dónde:

X es el conjunto finito de estados denotados por x , con x discreto.

Σ es el conjunto de eventos de entrada o lenguaje del sistema, se denota por una letra mayúscula

$f : X \times \Sigma \rightarrow 2^X$ es la función de transición, activación de evolución.

x_0 es el estado inicial de autómata

$X_m \subset X$ es el estado marcado o estado final deseado.

La planta es descrita matemáticamente a través de un sistema discreto a eventos; por tanto el sistema de control supervisorio a eventos es una construcción basada en teoría de lenguajes, donde el lenguaje del proceso se define como la sucesión de eventos $\{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n\}$ pertenecientes al lenguaje (L) de la planta, mientras que el supervisor $h : L \rightarrow \theta$, con θ es el subconjunto de entradas de control asociada a la cadena de eventos generada. El sistema de supervisión se

define como $L \rightarrow \Gamma$, donde se especifica la cadena posible de eventos para la planta, con Γ el conjunto de entradas de control no controladas por el controlador. Su implementación se logra a través de un sistema de control conmutado.

La complejidad de un sistema, aumenta su complejidad de representación, donde usualmente los procesos complejos son representados a través de un sistema de eventos discretos. Por tanto, la arquitectura para un sistema complejo es una composición de sub-sistemas con controladores internos; y su conducta global puede describirse a través de un sistema de eventos discretos como se presenta en la ecuación 2. De aquí, los sistemas complejos son sistemas dinámicos acoplados, auto-contenidos, descentralizados, e inter-conectados a través de la tecnología de información.

$$\Phi^C(x_0, u) = \Phi_k(\Phi_{k-1}(\dots \Phi_2(\Phi_1(x_0, t_1), t_2) \dots t_{k-1}), t_k) \quad (2)$$

2.1.1. Descripción del Proceso

El proceso de elaboración de cerveza, contiene varias etapas y actividades, y se inician al momento que la cebada malteada es adquirida de los proveedores, que luego se descargada al tanque de extracción de material. Luego de que las materias primas se han

sometido al tratamiento adecuado de purificación, son molidas al grado necesario para continuar el proceso. En la etapa de extracción el producto se mantiene a 25°C. Posteriormente se realiza la transferencia a la etapa de Maceración. Luego pasa a la cuba de mezcla, se enciende el agitador y se suministran agua caliente, en la cuba de mezcla se suministra media carga ($\frac{1}{2}$)

de grit por cada lote en producción. La mezclada se somete a una temperatura de 75°C, transformándose en azúcar, se filtra el producto y se obtiene el mosto.

La masa ya preparada pasa de la cuba de mezcla a la cuba de filtración donde se obtiene un líquido claro y azucarado. Esta segunda filtración se une con la primera filtración para transferirla a la cuba de cocción. Durante la cocción, se agrega media carga (½) de lúpulo por cada lote de producción, con el propósito de suministrar las sustancias amargas y aromáticas que dan sabor característico a la cerveza; asimismo se busca la inactivación de enzimas para prevenir degradaciones y la coagulación de sustancias nitrogenadas que pueden causar turbidez. El mosto saliente de la cuba de cocción se envía al tanque de sedimentación, donde se logra retener los materiales sólidos, luego es enfriado para su fermentación alcohólica.

El mosto frío y aireado se le inyecta media carga (½) de levadura por cada lote en producción, el tiempo de fermentación es de 5 a 7 días, en donde se realiza la

transformación fundamental del azúcar en alcohol y gas carbónico. De este proceso se obtiene la llamada cerveza verde, que se bombea al tanque de maduración, al mismo tiempo que se baja su temperatura hasta los 0°C. En este tanque permanece por un periodo de 3 a 4 semanas. Finalizado el periodo de maduración se filtra e inyecta gas carbónico para que la cerveza produzca una buena formación de espuma y se recibe en los tanques de almacenamiento.

2.1.2. Modelado del proceso de elaboración de cerveza

El proceso de elaboración de cerveza consta de varias etapas: Extracción, Maceración, Filtrado, Cocción, Clarificación, y Enfriamiento. La receta principal utilizada para la elaboración de cerveza es mostrada en la Figura 3. Cada una de estas etapas (Estos eslabones) contiene, un conjunto de sub-etapas que describen más detalladamente el procedimiento de producción.

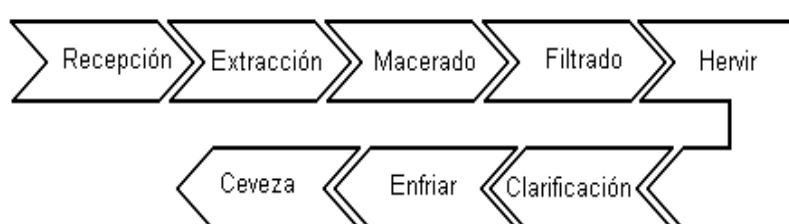


Figura 3. Receta principal para la elaboración de cerveza

Etapa de extracción: Se divide en tres sub-etapas como se observa en la figura 4. A su vez, cada sub-etapa, se sub-dividen de la siguiente manera: Carga

de Material, Descanso 25°C, y Transferir Materia Prima.



Figura 4. Actividades de las Etapas de Extracción

Para llevar a cabo las acciones descritas en la receta, es necesaria la ejecución de un conjunto de actividades propias de la unidad, que se encargan de la gestión, coordinación y manejo del proceso de producción. En el mismo sentido, las actividades asociadas a una unidad de producción, son

instanciadas a través de la receta y sus etapas por medio del llamado a ejecución de una actividad específica con ciertos parámetros de operación. La ejecución de dicha actividad garantiza el correcto cumplimiento de la operación solicitada por la receta, o su etapa asociada. Entre algunas de las actividades

podemos nombrar la descarga de materia prima; esta actividad es instanciada a través de la orden "descargar materia prima", asociada a la sub-etapa "cargar material"; y es quien gestiona el procedimiento para el vaciado pre-establecida de la materia prima.

2.2. Mecanismo de negociación para el proceso de elaboración de cerveza

El mecanismo de negociación en el proceso de la elaboración de cerveza es utilizado para la gestión, intercambio de información, y asignación tareas y recursos. Para llevar a cabo esta labor, es necesario tomar decisiones sobre la naturaleza de las actividades y las metas del proceso. Por tal razón, el mecanismo de negociación, tiene como objeto principal llevar a cabo de forma coordinada y supervisada la ejecución de las actividades y procedimientos descritos en la receta. El negociador junto con el supervisor se encarga de la lectura de las variables del proceso y condición de las etapas (imagen del proceso), y sub-etapas a desarrollarse (estados y métodos de evolución). La negociación

finaliza cuando: hay acuerdo: se crea un plan conjunto; hay interbloqueo y se requiere otro procedimiento de negociación; o cuando se produce una apelación: coordinador modifica metas o restricciones.

Usualmente, la negociación para el reparto de tareas entre agentes y cumplimiento de su ejecución se trabaja por el protocolo de redes de contratos (*Contract-Net*). Los agentes (nodos) negocian, intercambiando información, siguiendo un protocolo estándar (*Contract-Net*), en dos fases: Llegar a un acuerdo final de selección mutua y contratación; y cumplir los contratos acordados y lograr el objetivo común.

2.3. Reglas de Negocio

La negociación dentro del proceso de producción de cerveza se da sobre los siguientes casos:
Sobre la no descarga de materia prima en la(s) planta(s). Para al caso, existen dos tipos de negociaciones como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Negociación de no carga de materia prima.

Negociación Horizontal	Negociación vertical
Cuando se garantiza la terminación del producto que se está procesando durante el evento.	Cuando se intercambia información entre las plantas para distribuir la materia prima de manera uniforme.

Sobre la no capacidad de suministrar la cantidad de grit, lúpulo o levadura sobre unos de las plantas. Como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Negociación de no capacidad de grit.

Negociación Horizontal	Negociación vertical
Cuando se garantiza la terminación del producto que se está procesando al generarse el evento.	Cuando se intercambia información entre las plantas para distribuir la cantidad de grit que se tienen en los tanques de suministro de manera uniforme sobre las plantas.

Sobre la inyección de agua caliente o fría, con temperatura de agua no adecuada, en unas de las

etapas de los procesos, Los eventos a destacar son mostrados en tabla 3.

Tabla 3. Negociación de inyección de agua caliente.

Negociación Horizontal	Negociación vertical
Se establece una comunicación sobre las plantas para determinar cuánto producto falta por terminar.	Para distribuir la cantidad de agua que se tienen en el tanque de suministro de manera uniforme sobre las plantas.

Sobre la no disposición en la cuba de filtrado, para descarga del producto de uno de los procesos de elaboración de cerveza, ver tabla 4.

Tabla 4. Negociación de no disponibilidad de cuba.

Negociación Horizontal	Negociación vertical
- La planta donde es aplicado el evento se detendrá.	- La asignación de las cargas de materias primas sobre las otras dos plantas. - La re-asignación el mosto que quedo pendiente en la cuba de mezcla para que termine el proceso.

RESULTADOS

3.1. Comportamiento Dinámico.

El comportamiento dinámico de un sistema de producción con principio holónico se basa en sus actividades y ciclo de vida (Blanc *et al.*, 2008). Los actores de integración de la empresa son diseñados para responder a las necesidades de los sistemas de producciones flexibles. Por tanto, la ejecución del sistema viene dado por las actividades disparadas, que evolucionan al sistema y permiten cumplir con la orden de producción. Por esta razón, la negociación

actúa sobre la planificación, programación, y supervisión.

Las diversas fases del proceso de producción se relacionan con cada etapa de la siguiente manera, en la disponibilidad de materia prima (A1), la disponibilidad e grit (A2), la disponibilidad de agua caliente (A4), y la disponibilidad de cuba de filtrado A(6); los estados planificación de la producción en base a la disponibilidad de materia prima (A3), la programación de la producción (A5), y la supervisión del proceso (A7) derivan en un producto final. Ver figura 5.

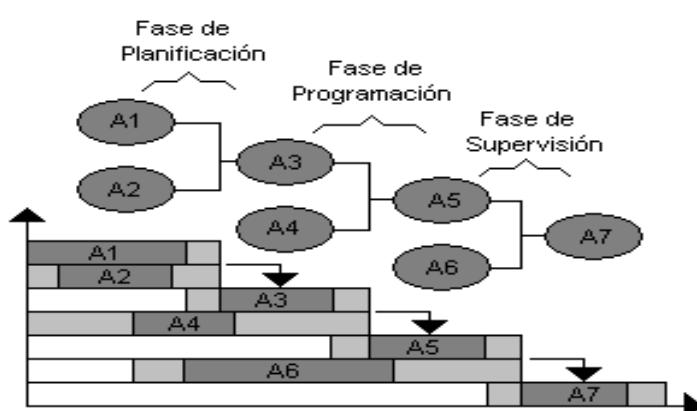


Figura 5. Ejecución de la orden en la unidad de producción.

3.2. Simulaciones

El sistema fue simulado en Matlab 6.5, con el uso de Simulink y Stateflow para modelar los sistemas de toma de decisiones en el dominio de unidad de producción de control en eventos discretos, los sistemas de toma de decisión de alto nivel como los agentes (reactivos) fueron programados en funciones codificadas en el prompt de Matlab, otorgándole un grado mayor de análisis. Stateflow, fue utilizado para simular el comportamiento del sistema de elaboración de cerveza a través de eventos discreto y basado en su lenguaje marcado, para ello se utilizaron las cartas (chart) de estado que son una generalización de las máquinas de estados.

El proceso de elaboración de cerveza se encuentra dividido en dos sub-sistemas, uno del comportamiento del proceso, y el otro del supervisor en el proceso. Para el proceso, se modelan las seis etapas que lo conforman; haciendo énfasis sobre la etapa extraer. Cada una de las sub-etapas están asociadas a una carta, cuya finalidad es representar la secuencia de evolución del proceso que representa. La figura 6, es una representación de la sub-etapa “carga de material”, donde se observan los estados y transiciones que siguen las actividades para alcanzar la salida.

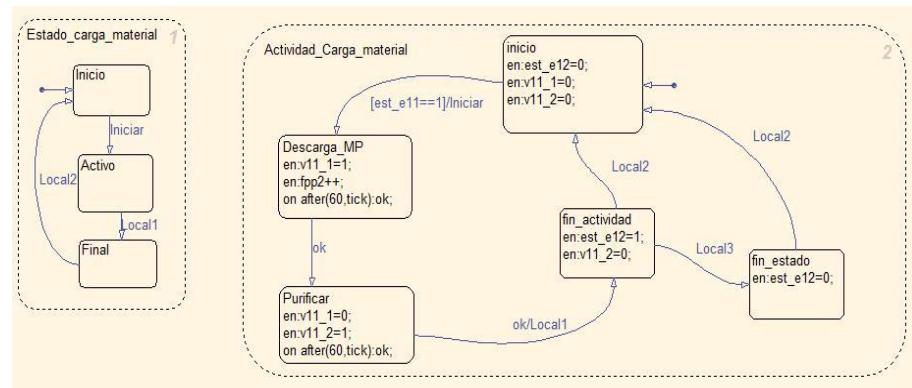


Figura 6. Esquema de la carta en stateflow, sub-etapa carga de material etapa extraer.

Para el sub-sistema, se modelan cinco supervisores que se conforman la transferencia de mezcla entre las diferentes etapas del proceso. Cada supervisor representa una carta (chart), con la tabla de la verdad de Stateflow de Simulink. Para establecer el proceso de negociación entre los tres procesos de elaboración de cerveza se utilizó el bloque de función disponible en Simulink, donde se desarrolló el código de las reglas de negocio.

DISCUSIÓN

La simulación del proceso en general se lleva a cabo en dos fases: una que simula el proceso de

elaboración de cerveza donde sin supervisión (negociación), y otra donde con supervisión (negociación). Las figuras 7a (sin supervisor) y 7b (con supervisor) corresponden a la evolución del proceso por etapas en condiciones normales, se representa el tiempo que requiere para ejecutar cada etapa en el proceso; dando como resultado que en condiciones normales un proceso sin supervisión reacciona más rápidamente, ya que el tiempo que tarda el proceso en adquirir la señal, procesar los datos, y generar una respuesta, es sumado al tiempo de ejecución del proceso.

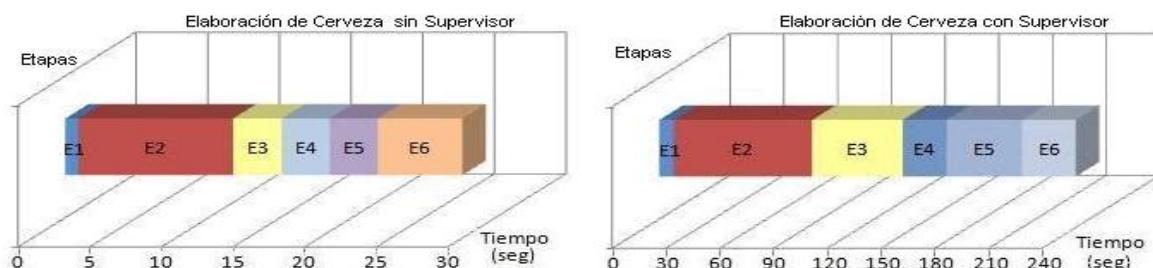


Figura 7. Etapas del producto terminado sin/con supervisor

En la segunda fase, las figuras 8a y 8b corresponden a la no disponibilidad de materia prima, para la figura 12a, se genera el evento de no disponibilidad de descarga de materia prima, las tres plantas están produciendo su primer lote, al generarse el evento sobre la planta uno (1) se establece la negociación entre las otras dos plantas para distribuir y procesar la materia prima de la planta uno (1). En contraparte, para un proceso sin negociación de producción, se

genera un evento de no disponición de materia prima, la planta uno (1) se somete a un periodo de servicio de corrección de fallas (mantenimiento), para luego seguir con su producción; El tiempo promedio de duración de falla es el tiempo en que se obtienen dos productos terminados. La empresa con mecanismo de negociación, disminuye el tiempo general del proceso, comparado con el servicio de mantenimiento.

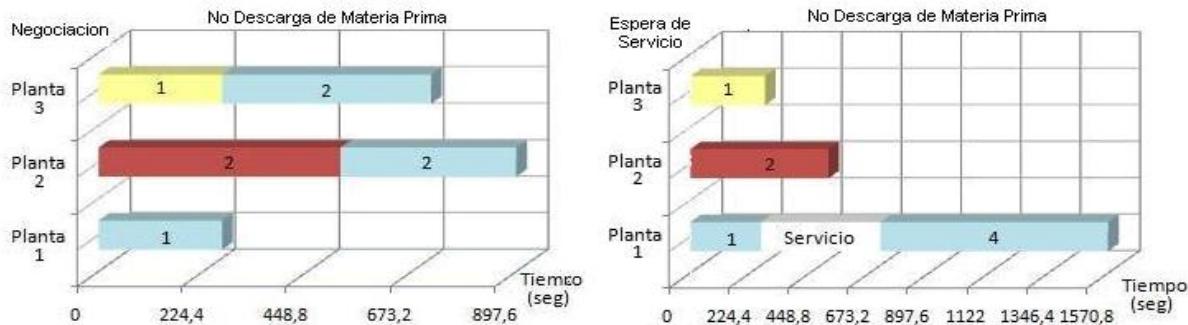


Figura 8. No descarga de materia prima planta 1.

La siguiente negociación se establece para la distribución de grit, para esto se dan las siguientes condiciones. La cantidad de grit consumido es de 0.5 carga por lote a producir, la cantidad de lotes a producir es de tres lotes para la planta 1, dos lotes para la planta 2 y un lote para la planta 3. La falla se produce cuando en la planta uno se produce una ausencia de grit. En este momento el sistema entra en la negociación para no detener la producción y establecer la distribución de carga entre las diferentes plantas. Aun así para la producción de la planta 1 no es suficiente el grit para la producción necesaria.

Las figuras 9, corresponden a la no disponibilidad en la cuba de filtrado. La cantidad de producción es cinco para la planta uno, dos para el planta dos y una para el tercero, una vez se genere la no disponibilidad de carga a la cuba de filtrado en la planta uno, el proceso se detiene en la cuba de mezcla, manténdose agitado el producto, posteriormente se negocia y revisa cuanta materia prima hay sin descargar y la misma se distribuye entre las otras dos plantas, sin importar si han finalizado su producción inicial asignada. Comparando la empresa con mecanismo de negociación con la empresa en condiciones normales, se observa que el tiempo general del proceso negociado es menor.

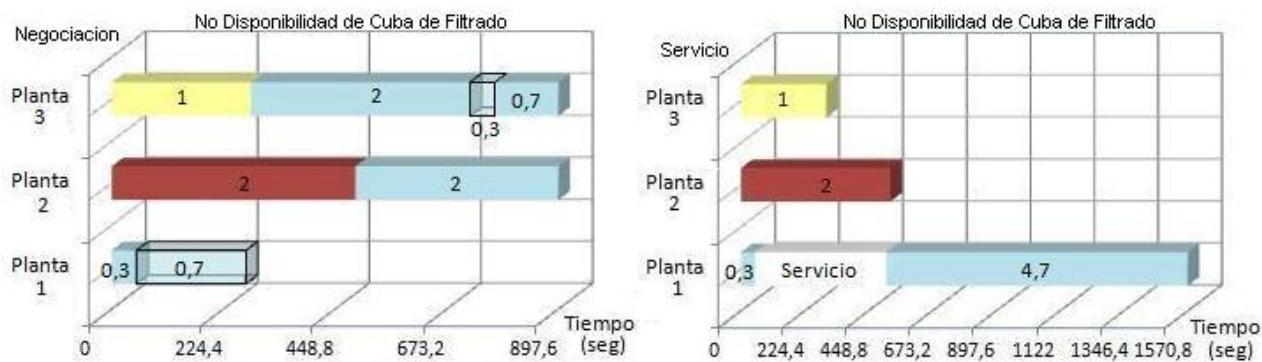


Figura 9. No disponibilidad en la cuba de filtrado planta 1

CONCLUSIONES

En la investigación se seleccionó el proceso de elaboración de cerveza automatizado para: la descripción, la representación, el modelado, la supervisión, y la negociación de un proceso de producción; el análisis se realizó sobre la estructura del proceso para describir sus

características principales y el comportamiento en las etapas de producción. Se estudiaron los estados de cada etapa del proceso, así como también la integración general del proceso. Para sintetizar esta primera parte se utilizaron herramientas como Matlab específicamente en Simulink, con el toolbox Stateflow que permite simular el proceso en eventos discretos. En el trabajo se incluyó un supervisor entre las etapas de los procesos, logrando

la seguridad de la transferencia entre etapas, para esto se tomaron las variables de válvula de carga y descarga entre las etapas, así como la bomba de descarga.

Una vez se estableció los parámetros del proceso, se utilizaron tres plantas de iguales características para probar la negociación; La misma se basó en la cooperación, y coordinación del proceso, así como en los estados de los autómatas, garantizando la obtención de la producción exigida, y en la mayoría de los casos, la mejora del tiempo de producción; Llevando consigo un mayor rendimiento de la empresa. Para lograr esto se programó el negociador bajo código de funciones de Matlab; empleando las técnicas de negociación para asignación de recursos, así como la negociación para la resolución de conflictos.

REFERENCIAS

- Albin, C. Fairness Issues in Negotiation: Structure, Process, Procedures and Outcome. *IIASA*. 1992.
- Blanc, P. Demongodin, I. Y Castagna, P. A holonic Approach for manufacturing execution system design: An industrial application. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. (21): 315-330, 2008.
- Chacón, E. y Besembel, I. Coordination and Optimization in Oil Gas Product Complex. 2004.
- Chacón, E. y DeSarrazin, G. Automatización de Sistema de Producción. Reporte Técnico, Universidad de Los Andes. 2004.
- Cossentino, M. Gaud, N. Galland, Vicent Hilaire, V. y Koukan, A. A Holonic Metamodel for Agent-Oriented Analysis and Design. *IEEE Trans. On Professional Communication*. 40(4): 299-304, 1997.
- Fletcher M, y Deen M. Fault-Tolerante Holnic Manufacturing System. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, (13):43-70, 2001.
- Hernández, M. Modelaje de Procesos de Negociación como Sistemas de Comunicación. 1995.
- Holonic Manufacture Systems (HMS) Consortium. <Http://hms.ifw.uni-hannover.de> 2004.
- Koestler, A. The Ghost in the Machine, Arkana Book, Londres. *Computer and Industry*. 53: 17-37, 1969.
- Laitao, P y Restivo, F. ADACOR: A holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control. *Computer in Industry*. 57: 121-130, 2006.
- Laitao, P. y Restivo, F. A holonic Approach to dynamic manufacturing scheduling. *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*. <Www.sciencedirect.com>, Revisado 1-10, 2007.
- Maturana, F. Shen, W. y Norrie, D. *Metamorph: An adaptive agent-based architecture for intelligent manufacturing*, *International Journal of Production Research* 37 (10): 2159–2174. 1999.
- PABADIS Promise Consortium. Plan Automation Based on Distributed System. <http://www.pabadis-promise.org/> 2010
- Parunak V. Odell J. Representing Social Structure in UML. *Agent-Oriented Software Engineering, Spring, Berlin*. LNCS 2222, 1-16, 2002
- Penya, Y. y Sauter, T. Communication Issues in Multi-Agent-Base Plant Automation. *6 IEEE International Conference on Intelligent Engineering System*. pp. 339-343, 2002.
- Rosenschein, J. S., Zlotkin, G. *Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation Among Computers*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA. 1994
- Sosa, P. y Ramos, C. A distributed architecture and negotiation protocol for Scheduling in manufacturing System. *Computer in Industry*. 38(2):103-113, 1999.
- Tharumarajah, A. A self-organising view of manufacturing enterprises. *Computer in Industry*. 51:185-196, 2003.
- Wooldridge, M. y Jenning, N. Intelligent Agents: Theory and Practices. *Knowledge Engineering Review*. 10(2):115-152, 1995.
- Wyns, J. reference Architecture for holonic manufacture system. PhD Thesis. K.U. Leuven. 1.999.

INDUSTRIAL

SISTEMA AUTONÓMICO INTELIGENTE PARA PROCESOS PETROLEROS. (SAi2P)

INTELLIGENT AUTONOMIC SYSTEM FOR OIL PROCESSES

Autores:

Lozada, Héctor^{a,c}; Camargo, Edgar^b; Aguilar, José^c

^a PDVSA, Línea de Servicios de Automatización Industrial. AIT, Venezuela.

^b Distrito Socialista Tecnológico AIT, Mérida, Venezuela,

^c CEMISID, Dpto. Computación Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, 5101

Corresponding Author: camargoea@pdvsa.com.

RESUMEN

En este artículo se presenta la formalización de una arquitectura de supervisión inteligente (SI) de pozos petroleros (SAi2P), aplicados a métodos de levantamiento artificial de petróleo. Este sistema se basa en los paradigmas de computación autonómica y Analítica de Datos (AdD), y el objetivo principal es la optimización del sistema de levantamiento del pozo desde el punto de vista operacional y financiero. Se propone la arquitectura de un ciclo autonómico (CA) que considera diversas tareas de AdD, con diferentes roles en el proceso de supervisión del sistema de levantamiento petrolero (observar, interpretar y tomar decisiones), considerando factores como la rentabilidad, el precio del crudo y las fallas operacionales. Las tareas de AdD del ciclo autonómico desarrollan modelos descriptivos, de predicción y de optimización, para definir un sistema inteligente de supervisión basado en el conocimiento extraído de los datos del proceso petrolero, que permite minimizar las perdidas en la industria petrolera y optimizar la producción.

ABSTRACT

This paper presents the formalization of an intelligent oil well supervisor (SI) architecture (SAi2P), applied to methods of artificial oil lifting. This system is based on the paradigms of autonomic computing and Data Analytics (DA), and the main objective is the optimization of the system of lifting of the well from the operational and financial point of view. We propose the architecture of an autonomic cycle (CA) that considers various tasks of DA, with different roles in the process of supervision of the oil survey system (observe, interpret and make decisions), considering factors such as profitability, price of crude oil and operational failures. The tasks of DA of the autonomic cycle develop descriptive, predictive and optimization models, among others, to define an intelligent system of supervision based on the knowledge extracted from the data of the petroleum process that allows to minimize the losses in the petroleum industry and to optimize the production.

Palabras clave: Supervisión Inteligente, Analítica Petrolera, Computación Autonómica.

Key words: Supervision, Oil Analysis, Autonomous Computing.

INTRODUCCIÓN

Debido a las exigencias de productividad, seguridad operacional y rentabilidad en la industria, la automatización de procesos demanda de Tecnologías de Información, Comunicación y Automatización (TICAs) sofisticadas y complejas, que deben operar en diferentes plataformas y explotar diversas fuentes de datos e información. Así, el número, la complejidad y la variedad de aplicaciones informáticas para la automatización de procesos continúan creciendo. Dichas aplicaciones deben considerar aspectos tales como el soporte a diferentes fuentes de datos, diversos mecanismos de comunicación entre procesos, variedad de políticas de planificación, entre otras cosas, para posibilitar la integración de componentes y la interoperabilidad de los sistemas.

Por otro lado, la integración de las diferentes tecnologías existentes en una empresa se ha constituido en un factor determinante en el proceso productivo, de manera especial para las estrategias de automatización. En ese escenario, se requiere el manejo óptimo de la información disponible, desde el nivel operacional, donde se ejecutan acciones de control sobre la planta, hasta los niveles de planificación corporativa, donde se toman decisiones que afectan el desempeño global de la empresa. Es por ello que, para la integración, los elementos fundamentales son: los productores de datos y su calidad, la infraestructura de comunicación, y los mecanismos de procesamientos de datos; insumos necesarios en las estrategias para la automatización integrada (Camargo & Aguilar, 2014; Pacheco *et al.*, 2014).

En cuanto a los Sistemas Inteligentes (SI) tienen como objetivo incorporar mecanismos que permitan explotar la información, con el fin de reaccionar ante situaciones imprevistas, planificar y razonar sobre el curso de los eventos, entre otras cosas. En particular, los SI deben proveer todo el conocimiento posible sobre el entorno industrial en el que se está operando. Para ello, se requiere realizar tareas de análisis y procesamiento de los datos e información del entorno industrial. Es allí donde las técnicas de AdD cobran su importancia, que en el caso petrolero se

denomina Analítica Petrolera (AP), y tiene como fin crear conocimiento en función de los datos resguardados en las bases de datos, tanto empresariales como operacionales, de la industria petrolera (Camargo & Aguilar, 2014). La necesidad de desarrollar sistemas inteligentes se ha incrementado en los últimos años, debido a que el conocimiento se ha convertido en un recurso estratégico para ayudar en tareas complejas (Pacheco *et al.*, 2014).

En años previos se han desarrollado SI de detección y reconocimiento de fallas. Por ejemplo, en (Araujo *et al.*, 2013) se propone un sistema de reconocimiento de fallas que emula al sistema inmunológico del cuerpo humano. Este sistema fue aplicado para pozos por levantamiento artificial por gas, y es capaz de detectar anomalías en el proceso bajo control.

La característica fundamental de este sistema, es que es capaz de recordar patrones. Soluciones para campos petrolíferos inteligentes digitales (iDOF, por sus siglas en inglés Intelligent Digital Oil Field), son desarrolladas en (Bermudez & Carvajal, 2014), donde proponen integrar diferentes tecnologías, y además, utilizan la Inteligencia Artificial para afrontar los problemas de optimización y diagnóstico en el campo petrolero. Debido a la gran incertidumbre de los datos de campo, y por la posibilidad de generar reglas de comportamiento del campo, se usa la lógica difusa. En particular, ellos monitorean en tiempo real variables de las bombas electrosumergibles, tales como la presión en entrada de la bomba, el amperaje del motor, la frecuencia del motor, la temperatura del motor, la presión de descarga y el volumen de descarga, para instanciar reglas difusas que determinan modos de fallas en las Bombas Electrosumergibles (BES), tales como desgaste de la bomba, atascamiento, interferencia por gas, rotura de tubería de producción, entre otros. De esta manera, plantean una herramienta para diagnosticar y reconocer los escenarios operacionales en tiempo real. Un modelo Híbrido que combina la Computación Evolutiva y los Sistemas Difusos se propone en (Camargo & Aguilar, 2014), para mejorar la producción de crudo, mediante el diagnóstico operacional en pozos por levantamiento artificial por gas. Este

modelo propone la maximización de la producción de crudo y la minimización del gas inyectado, basado en las restricciones del proceso y los costos de producción. Se utilizan algoritmos genéticos para resolver el problema de optimización de la producción de crudo y del gas inyectado, y la lógica difusa para identificar los escenarios operacionales.

En particular, en este artículo se propone un mecanismo de integración de las diferentes tareas de AdD, para conformar lo que definiremos como un Sistema Autónomico Inteligente Para Procesos Petroleros (SAi2P), el cual tiene habilidades para adaptarse a nuevas situaciones, y posee atributos de razonamiento para generalizar descubrir conocimiento desde los datos, entre otras cosas, para tomar decisiones sobre los procesos (Aguilar *et al.*, 2015.) De esta manera, SAi2P envuelve conceptos, paradigmas y algoritmos adaptativos, los cuales permiten generar acciones apropiadas en ambientes complejos y cambiantes. En general, SAi2P permite combinar tareas de AdD, con el fin de integrarlas y aumentar el uso potencial de las mismas (Camargo & Aguilar, 2014).

En este trabajo definiremos el Diseño Conceptual de SAi2P, y en particular, su uso en el contexto de pozos petroleros con el método de levantamiento artificial de petróleo por BES. Para tal fin, nos basaremos en el modelo de computación autonómica MAPE-K (Vizcarrondo *et al.*, 2012) y el concepto de ciclo autonómico de tareas de AdD introducido en (Aguilar *et al.*, 2016; Aguilar *et al.*, 2017), los cuales permiten definir lazos de control inteligentes que automatizan las tareas de autorregulación de las aplicaciones. MAPE-K está compuesto por cuatro módulos que caracterizan el lazo de control autónomo: Monitoreo, Análisis, Planificación y Ejecución. El módulo de monitoreo recolecta los eventos/datos de los sensores. El módulo de análisis identifica y examina las situaciones de interés. El módulo de planificación decide y organiza las tareas a realizar a partir de estados particulares del sistema y el conocimiento interno representado. Todos los módulos anteriores van almacenando información en una base de datos de conocimiento K (knowledge). Para el Diseño Conceptual de

SAi2P, se usa la metodología para el Desarrollo de Aplicaciones de Minería de datos (MD), basada en el análisis organizacional denominada MIDANO (Aguilar *et al.*, 2013; Pacheco *et al.*, 2014). Esta metodología está compuesta por tres fases: (i) Identificación de las fuentes para la extracción de conocimiento en una organización, (ii) Preparación y tratamiento de los Datos y (iii) Desarrollo del ciclo autonómico. SAi2P será aplicado en un proceso operacional de alto grado de complejidad en la producción de crudo, como lo es el método de levantamiento artificial de crudo, el cual posee grandes cantidades de datos almacenados en las bases de datos operacionales y de gestión administrativa.

Este artículo ha sido estructurado en cuatro secciones: La sección 2 presenta el marco teórico usado como base para especificar SAi2P. La sección 3 describe el diseño funcional de SAi2P. La sección 4 presenta las conclusiones.

A. *Supervisión Inteligente*

Un sistema de Supervisión Inteligente tiene la habilidad de vigilar un proceso y actuar en él. Está conformado por componentes interactivos que “razonan” acerca del comportamiento del proceso, para proponer y ejecutar acciones apropiadas para mantener las condiciones de operación normal, aún en caso de fallas (Contreras & De La Rosa, 2001). En particular, la supervisión industrial es una rama del control de procesos que toma en cuenta la manera en que los procesos operan o cambian. Esto implica el monitoreo de las variables, con el fin de mantener el normal funcionamiento del proceso. Acorde con este objetivo, operadores e ingenieros trabajan con la información del proceso (variables, parámetros y la relación entre ellos), utilizando su razonamiento y experiencia, para identificar y diagnosticar fallas, y proponer acciones para su corrección (Ramírez & Colina, 2014).

Tareas como control, planificación, monitoreo, diagnóstico de fallas y aprendizaje, son delegadas actualmente a supervisores inteligentes. Los sistemas de supervisión inteligente usan algoritmos basados en lógica difusa, redes neuronales, algoritmos genéticos

u otras técnicas inteligentes, para realizar sus tareas (Aguilar & Ríos Bolívar, 2013). Así, los sistemas de Supervisión Inteligente de procesos industriales, son un área de intensos estudios, y se ha convertido en una de las principales aplicaciones de la inteligencia artificial, que mayor trascendencia ha logrado (Ramírez & Colina, 2014).

Existen al menos tres orientaciones claras: algunos esquemas de supervisión buscan como objetivo la detección y diagnóstico de fallas en sensores de campo; otros esquemas contemplan realizar adaptaciones en línea sobre el controlador del proceso, e inclusive acciones específicas sobre el proceso directamente; y un tercer esquema involucra el hecho de mejorar su base de conocimiento, es decir, que tenga la capacidad de aprender.

El término aprender es susceptible a interpretaciones, y muchos significados pueden encontrarse en la literatura, sin embargo, para la presente investigación se considera como “mejora del conocimiento”. De acuerdo a la definición anterior, es preciso que estos sistemas realicen actividades cognoscitivas, utilizando técnicas de representación del conocimiento. En general, un sistema de Supervisión Inteligente puede integrar conocimiento de diferentes fuentes: de los operadores, de los ingenieros de procesos de control, de los mantenedores, y del mundo exterior.

B. Computación Autonómica

La computación autonómica es un modelo de autogestión inspirado en el sistema nervioso de los seres humanos, el cual fue propuesto por IBM. La computación autonómica se basa en la idea de incorporar sensores y actuadores para observar y actuar sobre el ambiente, a partir de procesos de análisis y planificación. Para modelar un sistema autonómico, se ha definido un modelo de referencia compuesto por (Baude *et al.*, 2008; Vizcarondo *et al.*, 2012.)

Elementos manejados: Cualquier recurso (hardware o software) embebido en el sistema, que tiene atributos que pueden ser autogestionados.

Sensores: Colección de mecanismos de captación de datos sobre los elementos manejados.

Manejador autonómico: Implementa los lazos de control inteligentes que automatizan las tareas de autorregulación de las aplicaciones. Está compuesto por cuatro módulos, que caracterizan el lazo de control autónomo: Monitoreo, Análisis, Planificación y Ejecución (MAPE-K). El módulo de monitoreo recolecta los eventos/datos de los sensores. El módulo de análisis identifica, interpreta y examina las situaciones de interés. El módulo de planificación decide y organiza las tareas a realizar, a partir de los estados particulares del sistema y de todo el conocimiento interno que se tiene del mismo (K, Knowledge). El módulo de ejecución permite enviar los resultados obtenidos a los actuadores.

Actuadores: Lleva a cabo los cambios en los elementos manejados.

Así, la computación autonómica (Nzekwa & Rouvoy, 2010; Mozaffari & Vajedi, 2015) promueve la elaboración de software autoadministrado. Es decir, su objetivo es permitir que sistemas de software sean capaces de administrarse a sí mismos, minimizando así la necesidad de una interacción humana. Para hacer esto posible, el sistema debe tener un conjunto de objetivos o metas, que sirven como guías para el proceso autonómico; el sistema se encarga de interpretar estos objetivos y de autoadministrarse, para asegurarse de que estos objetivos se cumplan. El modelo mostrado en la figura 1 define dos tipos de entidades; el recurso administrado y el administrador autonómico. El recurso administrado representa los artefactos que serán autonómicamente administrados. El administrador autonómico es la entidad encargada de administrar el recurso administrado en tiempo de ejecución. El administrador autonómico conoce los objetivos del sistema, y es de su responsabilidad realizar las modificaciones que sean necesarias para asegurar que estos objetivos se cumplan.

El recurso administrado provee dos tipos de interfaces, o puntos de control, a través de los cuales interactúa el administrador autonómico; los sensores y los efectores. Los sensores exponen datos sobre el recurso administrado,

que pueda ser de utilidad para el administrador autonómico, mientras que los efectores permiten realizar ajustes sobre el recurso administrado. Por lo tanto, el nivel de invasividad que tendrá el administrador autonómico se verá limitado por la implementación de estos puntos de control por parte del recurso administrado.

Como se mencionó anteriormente, el administrador/ manejador autonómico tiene una arquitectura de referencia, llamado ciclo MAPE-K (Vizcarrondo *et al.*, 2012.) (ver Figura 2). Este ciclo consiste en una serie de actividades que se deben realizar dentro de un bucle infinito, estas son: monitoreo, análisis, planificación y ejecución. El bucle comienza

con la fase de monitoreo, aquí se recolectan datos sobre el recurso administrado a través de los sensores, para generar una imagen de la situación actual. Después sigue la fase de análisis, donde se caracteriza la situación actual a partir de la información recabada en la fase anterior. Luego viene la fase de planificación, donde, en base a los antecedentes anteriores, se determina el conjunto de acciones que deben ejecutarse para llevar al recurso administrado de su estado actual al nuevo estado deseado. Finalmente, en la fase de ejecución es donde se realizan las acciones especificadas en la fase de planificación, a través de los efectores.



Figura 1. Elemento Autonómico

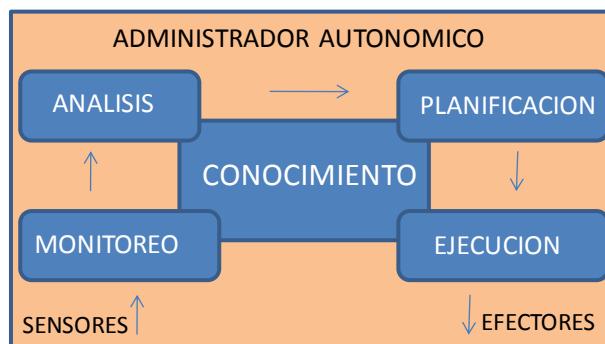


Figura 2. El ciclo MAPE-K

C. Analítica Petrolera. (AP)

La AdD permite a una organización utilizar los datos de sus procesos para responder preguntas del negocio complejas, encontrando patrones y desarrollando ideas innovadoras. En particular, la AdD tiene implícito un proceso cognitivo, es decir, un proceso de aprendizaje, para la creación de conocimiento. En general, las soluciones en AdD tienen como objetivo principal impulsar un negocio o proceso de manera cognitiva. Para ello, se utilizan los datos de la organización, para responder a preguntas

vinculadas a los objetivos estratégicos de la organización.

En el caso concreto de la AP, tiene como objetivo crear conocimiento, a partir de los datos de los procesos de la cadena de valor de la industria petrolera (Exploración, Producción, Refinación y Comercialización de Hidrocarburos), explotando así los datos operacionales. El conocimiento generado desde la AP permite realizar tareas de análisis predictivo, diagnóstico, descubrimiento de

patrones, entre otras cosas, para ayudar a los procesos de toma de decisión en la industria petrolera. Así, por ejemplo, se pudiese aplicar AP a pozos con diferentes métodos de extracción de crudo, a procesos de deshidratación de crudos, entre otros ámbitos. Ahora bien, los datos operacionales de una organización no son los únicos que abarcan la AP, también deben considerarse factores de su entorno, tales como datos sobre el crecimiento de la economía mundial, sobre el balance entre la oferta y la demanda de petróleo, sobre el inventario de crudo en las refinerías, sobre las fluctuaciones del dólar ante monedas de la economía mundial, sobre el cambio climático y los conflictos bélicos, entre otros. Esta información, por lo general, se maneja a través de portales WEB, redes sociales, entre otras fuentes, por lo que debe tratarse con otras técnicas propias de la analítica de datos social. La analítica de datos social requiere de otros mecanismos y estratégicas, ya que estos datos de medios sociales tienen un tiempo de vida relativamente corto y una producción muy

rápida. La relevancia de un “tweet” o blog cambian constantemente, por lo que decidir qué información obtener y como utilizar el conocimiento derivado, es una actividad que se realiza de manera continua. La integración de datos sociales y datos empresariales son un reto interesante (Collier, 2012) La mayoría de las organizaciones tienen políticas de calidad de datos empresariales, mientras que los datos sociales son poco considerados o mal tratados, presentando muchas veces duplicaciones y contradicciones en ellos.

D. Midano. Metodología para el Desarrollo de Aplicaciones de Minería de datos (MD) basada en el Análisis Organizacional.

Es una metodología diseñada para el desarrollo de aplicaciones de Minería de Datos para un proceso de cualquier empresa o institución, sin embargo, esta puede ser utilizada en procesos de Analítica de Datos (Aguilar *et al.*, 2013; Pacheco *et al.*, 2014). MIDANO está compuesta por tres fases: (Figura 3).



Figura 3. Fases de Midano

Fase 1. Identificación de fuentes para la extracción de conocimiento en una organización: Esta fase tiene como finalidad realizar un proceso de ingeniería de conocimiento, orientado a organizaciones/empresas, de las cuales no se conoce o se tiene poca información del (de los) problema(s) o los procesos a estudiar. El principal objetivo de esta fase es conocer la organización, sus procesos, sus expertos, entre otros aspectos, para definir el objetivo de la aplicación de AdD en la organización. En nuestro caso, se analizan y estudian los entornos de producción petrolera basados en BES, con la finalidad de determinar los objetivos estratégicos. Además, en esta etapa se realiza el modelo de AP que permitan analizar el comportamiento físico del ciclo productivo

de un pozo, basado en el método de levantamiento por BES. Por otro lado, se realiza la conceptualización del sistema para entornos de producción petrolera basados en BES. En específico, en esta etapa se describen las características de las tareas de AdD, basada en la idea de ciclos autonómicos de tareas de AdD (Aguilar *et al.*, 2016; Aguilar *et al.*, 2017). Además, se especifican las tareas de AP para el ciclo productivo bajo estudio. Un ciclo autonómico (CA) de tareas de AdD tiene como objetivo tomar decisiones que mejoren al proceso bajo estudio, y está compuesto por un grupo de tareas de AdD con roles distintos, unas sirven para observar el sistema, otras para interpretarlo, y otras para tomar las decisiones que lo mejoren (Aguilar *et al.*, 2016; Aguilar *et al.*, 2017).

Fase 2. Preparación y tratamiento de los Datos: Para aplicar AP sobre un problema en específico, es necesario contar con un historial de datos asociado al problema de estudio. Esto conlleva realizar distintas operaciones con los datos, con la finalidad de prepararlos. Ese proceso se basa en el paradigma ETL: extracción de los datos desde sus fuentes, transformación de los datos, y carga de los mismos en las nuevas fuentes de datos. Para realizar este proceso se crea una vista minable, que básicamente contiene información sobre las variables y sus históricos. En específico, se crea una vista minable conceptual, que detalla cada una de las variables a ser tomadas en cuenta para las tareas de AdD. La misma está compuesta por la descripción de todas las variables de interés, y algunos campos adicionales de importancia para realizar el proceso de tratamiento de datos (por ejemplo: dependencias con otras variables, transformaciones a realizar, entre otras características). Con esta vista minable conceptual se crea el modelo de datos, a ser usado por el medio de almacenamiento. Finalmente, el medio de almacenamiento es cargado con los datos. Al medio de almacenamiento cargado con los datos, lo llamaremos vista minable operativa. Así, en esta fase se construye el modelo de datos requerido por cada ciclo autonómico de tareas de AdD. Por lo tanto, en esta fase se realiza la preparación y tratamiento adecuado de los datos, que serán utilizados por el ciclo autonómico de AdD.

Fase 3. Desarrollo del ciclo autonómico de tareas de AdD: En esta fase se implementan las tareas de AdD. Así, esta fase tiene como objetivo implementar las diferentes tareas de AdD del ciclo autonómico, que generan los conocimientos requeridos (por ejemplo, modelos predictivos, modelos descriptivos, etc.). Esta etapa culmina con la implementación de un prototipo del ciclo autonómico, además

de los modelos de AP antes especificados. Para el desarrollo de las tareas de AdD, se puede usar cualquiera de las metodologías existentes de desarrollo de tareas de Minería de Datos. Además, durante esta fase se realizarán experimentos para validar los modelos de conocimiento generados por las tareas de AdD. En nuestro caso, los experimentos estarán vinculados a situaciones reales de la industria petrolera, en particular, a ciclos productivos con pozos basados en el método de levantamiento por BES.

La utilización de esta metodología, permite el desarrollo sistemático de aplicaciones de software especializado basada en técnicas inteligentes, para la extracción de conocimiento a partir de los datos almacenados en las bases de datos de cualquier industria o proceso.

E. Proceso Petrolero: Extracción de crudo por levantamiento artificial.

El método de levantamiento artificial por Bombeo Electrosumergible (BES) tiene como principio fundamental levantar el fluido desde el yacimiento hacia la superficie, mediante la rotación centrífuga de los impulsores de una bomba de fondo, que permite que el fluido multifásico ascienda a través de las etapas de los impulsores, y llegue al cabezal del pozo con suficiente energía hasta la estación recolectora (Ronning, 2011; Aceros & Camargo, 2016). Un equipo BES consta básicamente, de una bomba centrífuga de varias etapas, cuyo eje está conectado directamente a través de una sección protectora a un motor eléctrico sumergible. Figura 4 (Aceros & Camargo, 2016).

En tal sentido, para la implantación en campo de este método BES, se requiere de un arreglo de instrumentación y control. Para tal fin, se requiere la medición y control de distintas variables operacionales.

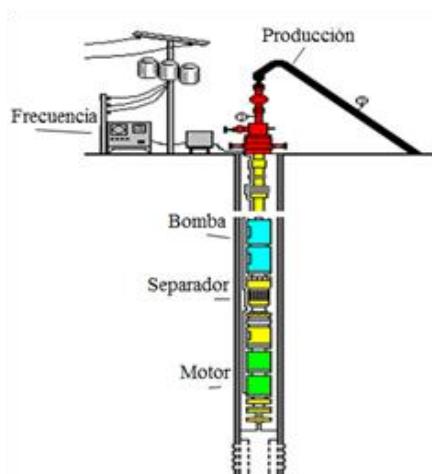


Figura 4. Esquemático de un pozo con Método de Extracción de Crudo por Bombeo Electrosumergible.

A nivel de la Bomba está: la Presión de Entrada a la Bomba (P_{ip}) sirve para determinar la capacidad de levantamiento del pozo para aportar la tasa deseada de producción, y para construir la curva de afluencia o comportamiento del mismo. Temperatura de Entrada a la Bomba (T_{ip}), es el indicador que permite diagnosticar el estado óptimo de temperatura de operación de la bomba, un aumento en la temperatura del motor puede ser causado por un flujo deficiente, ya que el motor no se estará refrigerando adecuadamente. Presión de Descarga de la Bomba (P_{dp}), esta presión determina la capacidad de levantamiento de la bomba para desplazar el fluido hacia la superficie, y por medio de esta presión nos permite obtener la curva real de levantamiento de la bomba. Un variador de frecuencia (V_{sd}), el cual como su nombre lo indica, modifica la frecuencia (F) de giro del motor, siendo esta variable la que reviste importancia vital a la hora de explotar el yacimiento de manera racional, al igual que el voltaje y la corriente del motor. Es por medio de la frecuencia que se logra realizar el control de la presión de entrada a la bomba (P_{ip}), aplicando la correlación existente entre ellas, a través del comportamiento del pozo.

A nivel de Superficie se tiene: la Temperatura del Cabezal (T_c), permite detectar cambios bruscos o relativamente lentos en el comportamiento del pozo; que pueden ser compartidos con las facilidades de producción, aguas abajo, con la finalidad de anticiparse a los distintos regímenes de producción; incluyendo los incidentes que pudieran presentarse en la operación. Presión del

Cabezal (P_c), es un indicador de la cantidad de energía natural útil para hacer fluir el petróleo desde el yacimiento hasta la estación de recolección en la superficie.

A nivel del Yacimiento: se tiene la Presión y Temperatura de Fondo Fluente (P_{ff} y T_{ff}), que son medidas en fondo del pozo, normalmente muy costosas de sensar.

Mantener las BES dentro de parámetros operacionales, es el principal objetivo de los sistemas de control. Un conjunto de datos son aportados por estos sistemas, los cuales no deben analizarse de manera aislada, sino en conjunto con otros sistemas, tanto operacionales como administrativos. Sin embargo, dado que cada sistema posee sus propios protocolos de almacenamiento, nomenclaturas y estándares de conectividad, recopilar, combinar y transmitir estos datos, cuando se necesita, es todo un desafío.

Realizar un análisis que involucre las bases de datos operacionales con el sistema de gestión administrativa, es una tarea muy larga y complicada. Para el personal de operaciones lo importante es llegar a alcanzar sus metas de producción, sin embargo, el personal de finanzas tiene su foco en el manejo administrativo de la empresa. Estos dos puntos de vistas son difíciles de conciliar en el mercado petrolero, marcado por los costos de producción y los precios de ventas del crudo.

Un desequilibrio producido por altos costos de producción del crudo, bajo volumen de producción, y precios de ventas de

hidrocarburos no atractivos para la empresa, puede llevarla hacia una situación económica nada favorable. Los costos de producción deben ser mantenidos tan bajos como sea posible maximizando la producción, en un mercado donde el precio del barril sea un atractivo económico para la producción. Situaciones como las presentadas en el año 1999, donde el precio de venta por barril de petróleo llegó a 7.57 USD, el año 2009 donde se ubicó en 61,06 USD, y a partir del 2015 hasta la fecha que se ubica por debajo de los 55 USD, hacen que las empresas petroleras vean con sumo cuidado la relación costo de producción-precio de ventas. Entonces, una herramienta computacional que permita estimar los costos de producción, y que también permita monitorear los eventos que modifiquen el mercado del petróleo a nivel mundial, y por ende su precio, sería de gran utilidad.

En específico, llevar el proceso de extracción de crudo a un punto óptimo es fundamental para la empresa. La tecnología aplicada en la extracción de crudo, por BES juega un papel fundamental en la optimización de los costos de producción, pues la reparación y mantenimiento son bastante altos (Ronning, 2011)

DISEÑO DE SAI2P

En esta sección se presenta el Diseño Conceptual de SAI2P, para lo cual se siguen las siguientes fases:

- A) Diseño de la Arquitectura Autonómica.
- B) Caracterización de las Tareas de Analítica de Datos.

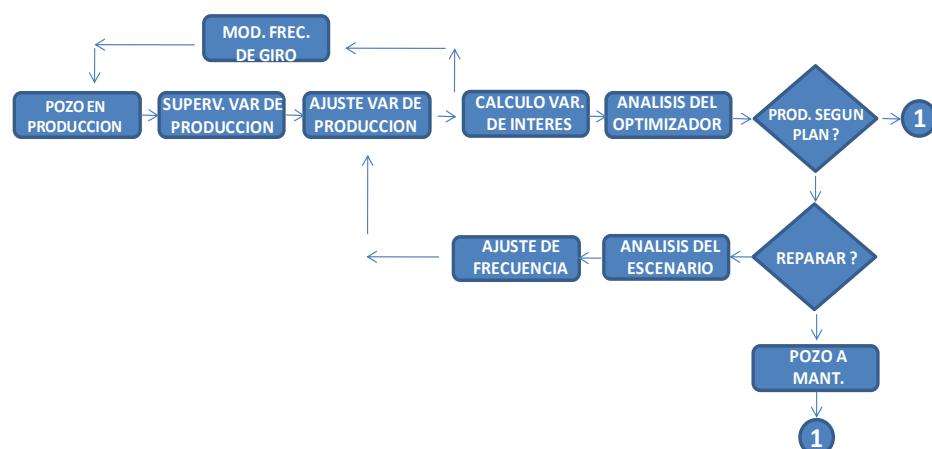


Figura 5. Situación Actual del Proceso Optimización de pozos productor.

C) Especificación del modelo de datos.

A. Diseño de la Arquitectura Autonómica.

Se propone un ciclo autonómico para tareas de supervisión inteligente, para el método de producción de pozos por BES. El objetivo del ciclo autonómico es la Optimización del Sistema de Levantamiento de Extracción por BES. El mismo debe cubrir los puntos de vistas operacional, al poder monitorear las tendencias de producción actual y determinar los problemas operacionales, y los puntos de vista financieros, al adaptarse al entorno económico.

En la figura 5 se muestra un flujograma simplificado del proceso de supervisión, control y optimización para los pozos BES. Una vez el pozo entra en funcionamiento, la instrumentación instalada comienza a reportar sus datos hacia las salas de control, donde los Sistemas de Adquisición y Control de Datos (Scada) son manipulados por personal de operaciones, para supervisar y controlar su correcto funcionamiento. Un ingeniero de optimización tiene bajo su responsabilidad, mantener el punto de operación del pozo óptimo. Para ello, utiliza una serie de herramientas computacionales que se alimentan de los datos recolectados por el Scada. Entonces, dependiendo del resultado de los cálculos, unida a su experiencia, el ingeniero de optimización puede indicar varias acciones, entre las cuales están: que se mantenga el punto de operación, que se modifique el punto de operación ajustando la frecuencia de la rotación de la bomba, entre otras acciones.

En este trabajo, se proponen un conjunto de tareas de AdD para automatizar el proceso que llevan a cabo los operadores y optimizadores.

La figura 6 muestra la arquitectura propuesta del ciclo autonómico, llamado SAi2P, basada en el modelo de referencia MAPE-K.

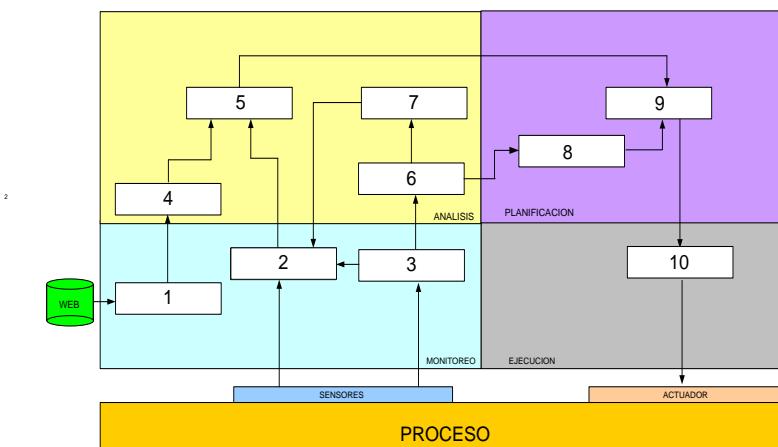


Figura 6. Arquitectura base del SAi2P: Ciclo Autonómico inteligente para procesos petroleros

El ciclo autonómico está compuesto por una serie de tareas de AdD, las cuales se distribuyen en los diferentes componentes del modelo MAPE. En la fase de Monitoreo se desarrollarán 3 tareas, una social y las demás de datos.

1. Monitoreo de Eventos que afecten al mercado Mundial de Crudo.
2. Identificación de Costo de Producción.
3. Monitoreo de Tendencias de Variables Operaciones.

La tarea de Analítica Social permite monitorear de manera automática eventos que afecten el mercado mundial de crudo. Entre estos factores se consideran el crecimiento de la economía mundial, el balance entre oferta y demanda de petróleo, los inventarios de crudo en las refinerías, las fluctuaciones del dólar ante monedas de la economía mundial, entre otros. Esta información será extraída desde portales WEB, blog, etc., y analizada por técnicas de minería de datos y de texto.

Mientras la primera tarea de SAi2P presenta eventos que modifican el precio de ventas del crudo, el cálculo de los costos de producción representa los egresos, que también marcan significativamente el destino económico de una empresa. Mientras que el ingreso, particularmente por ventas, está asociado al

sector de comercialización de la empresa, el costo de producción está estrechamente relacionado con el sector tecnológico; en consecuencia, es esencial que se dichos costos. Variables como inversión inicial, costos por labor, mantenimiento, combustible, servicios contratados, impuestos, depreciación del activo, son considerados en esta tarea del SAi2P.

La tercera tarea juega un papel fundamental en el CA, y es el monitoreo en el tiempo de las tendencias de las variables operaciones, tales como presión en entrada de la bomba (Pip), amperaje del motor (Amp), frecuencia de rotación(F), presión del cabezal del pozo (Pc), las cuales son medidas por medio de instrumentación en campo; la temperatura del motor será determinada por medio de un sensor virtual, y la presión de descarga y el volumen de producción de crudo también serán calculadas por medio de ecuaciones diferenciales que están en función de la frecuencia, la presión de fondo y de cabezal del pozo.

En la fase Análisis, hay cuatro tareas para interpretar la información suministrada de la fase de monitoreo:

1. Identificación de patrones de los precios del crudo.
2. Evaluación de Rentabilidad Económica.

3. Diagnóstico de Problemas Operacionales.
4. Reconocimiento de Patrones de Falla.

La identificación de patrones de los precios del crudo se nutre directamente de los resultados de la fase 1, para lo cual se pueden aplicar técnicas de predicción, pudiéndose obtener un modelo matemático que sea capaz de predecir los precios del crudo. Para la evaluación de la rentabilidad se utilizará la fórmula de Retorno de la Inversión (ROI), la cual indica una relación entre la inversión y los beneficios generados.

Para las tareas de reconocimiento de patrones fallas se pueden utilizar técnicas de Inteligencia Artificial, para determinar las posibles fallas de la BES. Algunos ejemplos de trabajo al respecto son (Aguilar, 2004; Camargo *et al.*, 2009). Finalmente, para el diagnosticador de problemas operacionales se pueden utilizar varias técnicas inteligentes también (Waissman *et al.*, 2000; Camargo *et al.*, 2018), por ejemplo clasificadores difusos, uno para el fondo del pozo y otro para la superficie.

En la fase de Planificación se realizan 2 tareas, para lograr el objetivo final de SAi2P de optimizar la producción de petróleo al menor costo posible.

1. Optimización del Desempeño Operacional.

2. Maximización de la Producción al menor costo.

Las tareas 8 y 9 son el corazón de SAi2P, pues mediante estas es posible de manera autónoma, optimizar la producción en pozos BES, aplicando las teorías de optimización multiobjetivo, considerando las restricciones mecánicas propias del sistema. Así, se aspira lograr ajustar la frecuencia de rotación del motor, de tal manera que la eficiencia de la bomba se mantenga en un valor óptimo, que logre maximizar la rentabilidad del pozo.

En la fase de Ejecución, se tiene una sola tarea, cuyo propósito es ajustar la frecuencia de la bomba al valor indicado en la fase de planificación.

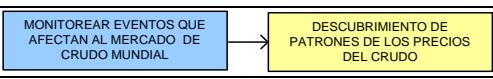
1. Ajuste de Variable de Salida

Así, en la fase de ejecución se diseñarán técnicas de control avanzado, por ejemplo “Control por Modelo Predictivo”, en función de los requerimientos funcionales generados en la etapa anterior, con la finalidad de manipular los actuadores y conseguir el objetivo final del sistema autónomo, que es la Optimización Multiobjetivo aplicada al Sistema de Levantamiento por BES.

a. *Caracterización de las Tareas de Analítica de Datos.*

Seguidamente se describen las tareas de AdD propuesta en el ciclo autonómico de SAi2P (tablas del 1 al 11).

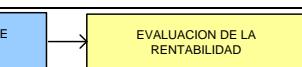
Tabla 1. Monitorear Eventos que afecten al mercado Mundial de Crudo.

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	1. Monitorear eventos que afecten el mercado mundial de Crudo
Descripción	Monitorear eventos, marcadores de referencia y la tendencia de indicadores económicos.
Fuentes de Datos	<p>Páginas WEB: www.opec.org, para obtener información sobre oferta y demanda de petróleo, inventarios de crudo en las refinerías, historia de precios, etc.</p> <p>https://es.investing.com/quotes/us-dollar-index, para obtener información sobre el dólar con respecto a otras monedas mundiales(YEN, EURO).</p> <p>http://www.canaltiempo21.com/, para obtener información sobre el clima en los principales países consumidores y productores(estaciones, tormentas, etc).</p> <p>https://www.imf.org/external/spanish/ y http://datos.bancomundial.org/ para obtener información sobre los valores reales y la perspectiva económica mundial, tasa en empleo, etc.</p>
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Monitoreo
Tareas con que se Relaciona	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 10px;">MONITOREAR EVENTOS QUE AFECTAN AL MERCADO DE CRUDO MUNDIAL</div>  <div style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-left: 10px;">DESCUBRIMIENTO DE PATRONES DE LOS PRECIOS DEL CRUDO</div> </div>

La tarea de la Tabla 1 tiene como finalidad capturar todas las variables necesarias para la predicción del precio del petróleo. La idea es hacer consultas en diferentes bases de datos de

distintas páginas WEB. Esta información, una vez filtrada, se carga en una base de datos local, y con el modelo de predicción se determina el precio del crudo en el mercado mundial.

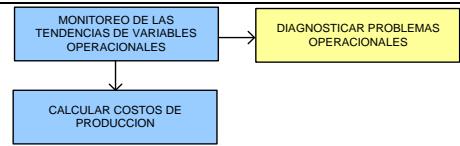
Tabla 2. Cálculo de Costos de Producción

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	2.Cálculo de Costos de Producción	
Descripción	Los costos de Producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener el equipo en funcionamiento.	
Fuentes de Datos	Bases de Datos Históricas de Mantenimiento. Bases de Datos de Financieras.	
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Monitoreo	
Tareas con que se Relaciona	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 10px;">CALCULAR COSTOS DE PRODUCCION</div>  <div style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-left: 10px;">EVALUACION DE LA RENTABILIDAD</div> </div>	

La tarea de la Tabla 2 tiene como propósito calcular los gastos de producción. Para esto se toma en cuenta la inversión inicial, los costos por labor, el mantenimiento, el combustible, los servicios contratados, los impuestos, la

depreciación del activo en el tiempo, entre otros. Con toda esa información, se obtendrá el valor del costo de producción en función del tiempo.

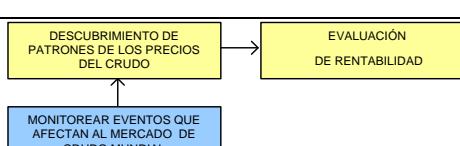
Tabla 3. Monitoreo de Tendencias de Variables Operaciones.

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	3.Monitoreo de Tendencias de Variables Operaciones	
Descripción	En función a modelos matemáticos desarrollados, se monitorearán las tendencias de las variables operacionales del pozo.	
Fuentes de Datos	Bases de datos Operacionales	
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Monitoreo	
Tareas con que se Relaciona	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 10px;">MONITOREO DE LAS TENDENCIAS DE VARIABLES OPERACIONALES</div>  <div style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-left: 10px;">DIAGNOSTICAR PROBLEMAS OPERACIONALES</div> </div>	

Para la tarea de la Tabla 3 se extrae la información de las bases de datos operacionales del SCADA, tales como: presión de cabezal del pozo, presión de entrada de la bomba, frecuencia de rotación del motor, potencia del motor. Con estos valores, se realizan cálculos, como determinar el caudal del pozo, su presión de fondo, nivel al que está sumergido la bomba, y por medio del sensor virtual, se determina la

temperatura del motor. La variable caudal deberá ser integrada, para poder determinar el volumen diario de crudo producido, el cual será utilizado en otras tareas, donde se relacionan el volumen producido y su costo de producción. El resto de las variables extraídas y calculadas, serán utilizadas por las tareas de diagnóstico operacional, de vital importancia en el proceso de supervisión inteligente.

Tabla 4. Descubrimiento de patrones de los precios del crudo.

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	4.Descubrimiento de patrones de los precios del crudo	
Descripción	En función a los resultados del monitoreo de los eventos, marcadores de referencia, y la tendencia de indicadores económicos, esta tarea encuentra un patrón que pueda predecir los precios del crudo	
Fuentes de Datos	Medio de Almacenamiento de SAi2P	
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Análisis.	
Tareas con que se Relaciona	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid yellow; padding: 5px; margin-right: 10px;">DESCUBRIMIENTO DE PATRONES DE LOS PRECIOS DEL CRUDO</div>  <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-left: 10px;">MONITOREAR EVENTOS QUE AFECTAN AL MERCADO DE CRUDO MUNDIAL</div> </div>	

En la tarea de la Tabla 4 se trabaja con los datos actuales y los históricos, para poder determinar un patrón de conducta de los precios del barril y crudo, los cuales sirven para analizar el

escenario presente y los posibles escenarios futuros a corto plazo. Es decir, aporta información sobre la tendencia actual, y realiza una predicción del barril de crudo a corto plazo.

Tabla 5. Evaluación de Rentabilidad

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	5. Evaluación de Rentabilidad
Descripción	Mediante la construcción y seguimiento de un índice de rentabilidad, se evalúa la estrategia de producción, acorde con los costos de operación y venta del crudo.
Fuentes de Datos	Base de Datos Administrativas.
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Ánálisis.
Tareas con que se Relaciona	<pre> graph LR A[DESCUBRIMIENTO DE PATRONES DE LOS PRECIOS DEL CRUDO] --- B[EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD] C[CALCULAR COSTOS DE PRODUCCIÓN] --- B B --- D[MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AL MENOR COSTO] </pre>

La tarea de rentabilidad (ver Tabla 5) se realizará en función al Retorno a la Inversión (ROI), por sus siglas en inglés. Se determina de manera porcentual el valor de la rentabilidad del pozo, que evalúa los valores de los ingresos representados por el volumen de crudo producido, multiplicado por el valor comercial

del barril y los gastos de producción. Toda esta información será aportada por las tareas anteriores. Un clasificador a la salida de esta tarea, aporta un valor semántico de malo, regular, bueno, muy bueno y excelente, al valor de rentabilidad.

Tabla 6. Diagnóstico de Problemas Operacionales

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	6. Diagnóstico de Problemas Operacionales
Descripción	Realizar un diagnóstico de problemas operacionales, que pueden estar presentes en el sistema BES.
Fuentes de Datos	Base de datos local de la tarea de Monitoreo de tendencias Operacionales.
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Ánálisis.
Tareas con que se Relaciona	<pre> graph LR A[MONITOREO DE LAS TENDENCIAS DE VARIABLES OPERACIONALES] --- B[DIAGNOSTICAR PROBLEMAS OPERACIONALES] B --- C[RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE FALLA] C --- D[OPTIMIZAR EL DESEMPEÑO OPERACIONAL DE LA BOMBA] </pre>

Usando la información producida por la tarea de monitoreo de tendencias de variables operacionales, en la tarea de la Tabla 6 se obtendrán los valores de superficie y de fondo del pozo, y por medio de dos sistemas de clasificación, una para el fondo y otro para la superficie, diagnostica los problemas

operacionales. Esta tarea es fundamental para SAi2P, pues por medio de las reglas del clasificador se sabe de manera rápida y sencilla, el estado operacional del pozo, para tomar acciones en el optimizador de desempeño de la bomba.

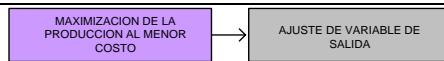
Tabla 7. Reconocimiento de patrones de Falla

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	7. Reconocimiento de Patrones de Falla
Descripción	Dependiendo de las variables de entrada y del diagnóstico de problemas operacionales, se encontrarán patrones de fallas del sistema BES.
Fuentes de Datos	Medio de Almacenamiento de SAi2P.
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Ánálisis.
Tareas con que se Relaciona	<pre> graph LR A[DIAGNOSTICAR PROBLEMAS OPERACIONALES] --- B[RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE FALLA] B --- C[CALCULAR COSTOS DE PRODUCCIÓN] </pre>

Por medio de la tarea de la Tabla 7 se reconocen patrones de falla por el desgaste de la bomba, el atascamiento o interferencia por gas, la rotura de la tubería de producción, entre

otras razones. Igualmente, el reconocimiento de una falla producirá un incremento en los gastos por mantenimiento, y por lo tanto, afecta los costos de producción.

Tabla 8. Optimización del Desempeño Operacional de la Bomba basado en la operación el pozo

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	10. Ajuste de Variable de Salida
Descripción	Se ajusta la variable de salida, para lograr la maximización de la producción a menor costo
Fuentes de Datos	Tabla de Hechos SAi2P
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Ejecución.
Tareas con que se Relaciona	

En la tarea de la Tabla 8 se utilizan técnicas de optimización, para lograr maximizar la eficiencia volumétrica de la BES, en función al diagnóstico previamente realizado. Técnicas

para la identificación de la función objetivo, como también para encontrar la solución óptima, son utilizadas en esta tarea.

Tabla 9. Maximización de la Producción al menor costo.

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	9. Maximización de la Producción al menor costo
Descripción	En función de los resultados de optimización de la rentabilidad y desempeño operacional, se realiza la optimización de la producción al menor costo.
Fuentes de Datos	Tabla de Hechos SAi2P
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Planificación.
Tareas con que se Relaciona	

En la tarea de la Tabla 9 se utilizan técnicas de optimización, que buscan de manera simultánea la optimización de varios objetivos: rentabilidad de la producción vs minimización de los costos.

Las técnicas resuelven los conflictos entre los dos objetivos, tal que los mismos sean satisfechos de manera aceptable.

Tabla 10. Ajuste de Variable de Salida.

Nombre de la tarea de Analítica de Datos.	8. Optimización del Desempeño Operacional de la Bomba basado en la operación el pozo.
Descripción	En función de la tarea de diagnóstico, se realiza una optimización en función al desempeño del pozo.
Fuentes de Datos	Medio de Almacenamiento de Sai2P
Tipo de Tarea de Analítica de Datos	Planificación.
Tareas con que se Relaciona	

Finalmente, en la tarea de la tabla 10 se diseñan técnicas de control avanzado “Control por Modelo Predictivo”, con la finalidad de manipular la variable de salida (la frecuencia) y conseguir el objetivo final del sistema

autonómico, que es la Optimización de la producción en pozos BES.

b. Modelo de datos.

El modelo multidimensional de datos (vista minable conceptual) es mostrado en la figura 7.

Una dimensión describe las variables de los pozos, dos dimensiones los datos y costos de producción, otra dimensión es dedicada a las características del fluido, y la última a los precios de barril. Con esta vista minable conceptual definida se realiza posteriormente una vista minable operativa, la cual constituye nuestro modelo de conocimiento (Knowledge), para lo cual se aplican técnicas de extracción, tratamiento y carga de datos. A continuación, se presentan en detalle las dimensiones que componen nuestro diseño:

Producción: Son los datos recolectados desde las bases de datos en tiempo real, de los sistemas de producción y supervisión industrial.

Pozo: información sobre los datos de configuración del pozo.

Costos de Operación: información sobre los gastos operativos del pozo, durante su tiempo de vida.

Características del Fluido: información sobre las características físicas del flujo extraído del pozo.

Precio del Barril: información sobre las características del mercado mundial, que afectan los precios del crudo.

Por otro lado, la tabla de hecho tiene la información para llegar a cada una de las dimensiones, además, almacena la información generada por las tareas de AdD de SAi2P (el conocimiento generado). En particular, las variables que se almacenan de las tareas de AdD son:

Tabla 11. Variables de las Tareas de AdD del CA.

Tarea	Variable en la Tabla de Hechos
Monitoreo de Eventos que afecten al mercado Mundial de Crudo.	Precio del Barril.
Calculo de Costos de Producción	Costos de Operación.
Monitoreo de Tendencias de Variables Operaciones	Caudal de la Bomba Temperatura del Motor. Presión de Fondo Nivel Sumergido.
Descubrimiento de patrones de los precios del crudo	Modelo de Patrón de Ingreso.
Diagnóstico de Problemas Operacionales	Modelo de Diagnóstico en Fondo. Modelo de Diagnóstico en Superficie.
Reconocimiento de Patrones de Falla	Patrón de Falla #1. Patrón de Falla #2. Patrón de Falla #n.
Optimización del Desempeño Operacional de la Bomba basado en la operación el pozo.	Frecuencia Optimizada de Operación.
Maximización de la Producción al menor costo	Modelo de Optimización de la Producción.
Ajuste de Variable de Salida	Ajuste de variable de Salida.

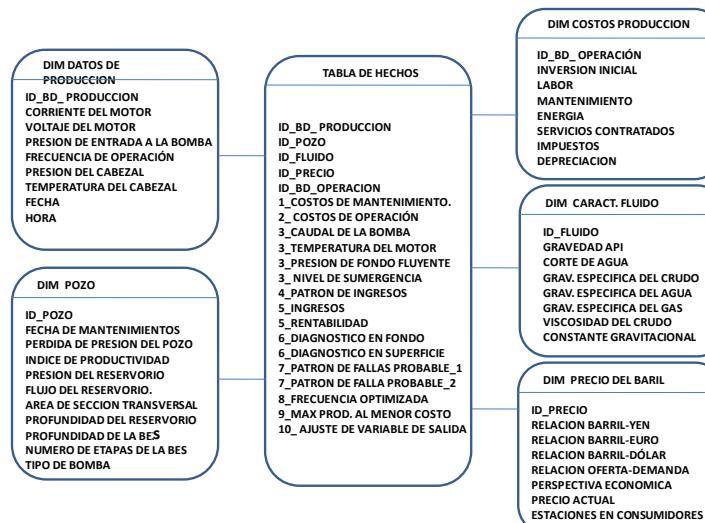


Figura 7. Modelo de Datos Multidimensional.

CONCLUSIONES

En este artículo se propone la arquitectura de un ciclo autonómico de supervisión inteligente de pozos petroleros para métodos BES, llamada SAi2P. Dicha arquitectura integra en su seno los paradigmas de Analítica de datos, Computación Autonómica y Computación Inteligente.

SAi2P está definido como un ciclo autonómico de tareas de AdD, con diferentes roles en el proceso de supervisión del sistema de levantamiento petrolero (observarlo, interpretarlo y tomar decisiones), considerando

factores como la rentabilidad, el precio del crudo y las fallas operacionales, entre otros. En SAi2P se proponen modelos descriptivos, de predicción y de optimización, entre otros. De esta manera, el modelo autonómico basado en el conocimiento extraído de los datos del proceso petrolero, permite minimizar las perdidas en la industria petrolera y optimizar la producción. SAi2P es capaz de administrar por sí mismo el proceso productivo, auto-adaptándose. SAi2P es una propuesta innovadora para la supervisión inteligente de procesos petroleros, y marca diferencia sobre otras investigaciones anteriores (ver Tabla 12).

Tabla 12. SAi2P y otras investigaciones

TRABAJOS	CA	AdD	Comp. Intelig.	Ámbito Petrolero
Supervisión Inteligente en la Producción Industrial	No	No	Si	Si
Campo Digital Petrolero	No	Parcial	Si	Si
Failure Prediction for Rod Pump Artificial Lift	No	Si	Si	Si
Modeling Feedback Control loops for Self-Adaptative System	Si	Parcial	Si	No
Sistemas Autonómicos Inteligentes para Procesos Petroleros	Si	Si	Si	Si

En la tabla 12 podemos ver que nuestra propuesta es el único sistema de supervisión inteligente basado en los paradigmas de Computación Autonómica y AdD. En general, vemos que hay muchas aplicaciones de supervisión inteligente basadas en técnicas inteligentes, para el ámbito petrolero. Ahora bien, la integración de la Computación Autonómica y AdD en un ciclo autonómico, que proponemos en trabajos previos (Aguilar *et al.*, 2016), permite definir una arquitectura de supervisión inteligente para procesos industriales, para permanentemente auto-configurese para optimizarse, repararse, protegerse, entre otras cosas, usando sus datos. En particular, SAi2P permite la auto-optimización de pozos BES en procesos de producción petrolera.

REFERENCIAS

Aceros E., Camargo E., Lozada H., Aguilar J., Implantación de un sensor virtual en procesos petroleros, Cuadernos de Mecánica Computacional, 14, 68-77, 2016.

Aguilar J., An Artificial Immune System for Fault Detection, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 3029, 219-228, 2004.

Aguilar J., Buendia O., Moreno K., Mosquera D., Autonomous Cycle of Data Analysis Tasks for Learning Processes, Technologies and Innovation (R. Valencia-García, *et al.*, Eds.), Communications Computer and Information Science Series, 658, 187-202, 2016.

Aguilar J., Cerrada M., Altamiranda J., Pacheco F., Rangel C. Methodology for detecting the feasibility of using data mining in an organization, Proceedings of the XXXIX Conferencia Latinoamericana en Informática (CLEI 2013), 502-513, 2013.

Aguilar J., Cordero J., Barba L., Sanchez M., Valdiviezo P., Chamba L., Learning Analytics Tasks as Services in Smart Classroom, Universal Access in the Information Society Journal, Springer, 2017.

Aguilar J., Mosquera D., Middleware Reflexivo para la gestión de Aprendizajes Conectivistas en Ecologías de Conocimientos (eco-conectivismo), Latín

- American Journal of Computing – LAJC. 2, 25-31, 2015.
- Aguilar J., Ríos Bolívar A., Hidrobo F., Cerrada, M (2013) "Sistemas Multiagentes y sus aplicaciones en Automatización Industrial". Talleres Gráficos, Universidad de Los Andes. 2013
- Araujo M., Aponte H., Aguilar J., Fault Detection System in Gas Lift Well based on Artificial Immune System. Proceeding of the International Joint Conference on Neural Networks, Neural Networks Council of IEEE, 1673-1677, 2003.
- Baude F., Caromel D., Dalmasso C., Danelutto M., Getov M., Ludovic H., Pérez Ch., A grid extension to fractal for autonomous distributed components, Annals of Telecommunications, 64,5-24, 2008.
- Bermúdez F., Carvajal G., Moricca G., Dhar J., Adam F., Fuzzy Logic Applications to Monitor and Predict Unexpected Behavior in Electric Submersible Pump. Society Petroleum Engineers. SPE-167820-MS, 2014.
- Camargo E., Aguilar J., Hybrid Intelligent Supervision Model of Oil Wells. Proceedings of the IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI), 934 – 939, 2014.
- Camargo E., Aguilar J., Advanced Supervision of Oil Wells based on soft computing Techniques, Journal of Artificial Intelligence and soft computing research, 4, 215-225, 2014.
- Camargo E., Aguilar J., Ríos A., Rivas F., Aguilar-Martin J., Nodal Analysis- based Design for Improving Gas Lift Wells Production. WSEAS Transactions on Information Science & Applications, 5, 706-715, 2008.
- Camargo E., Aguilar J., Ríos A., Rivas F., Aguilar-Martin J., A Neo-Fuzzy Approach for Bottom Parameters Estimation in Oil Wells. WSEAS Transactions on Systems and Control, 4, 445-454, 2009.
- Contreras O., De La Rosa J., Melendez J., I-SS Integrated Supervision System Approach based on Interactive Components, 8th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. Proceedings, 2, 119-127, 2001
- Mozaffari A., Vajedi M., Azad N., A Robust safety-oriented autonomous cruise control scheme for electric vehicles base on model predictive control and online sequential extreme learning machine with a hyper-level fault tolerance –based supervisor, Neurocomputing, 151, 845-856, 2015.
- Nzekwa R., Rouvoy R., Seinturier L., Modeling Feedback Control Loops for Self-Adaptive Systems. Proceedings of the Third International DisCoTec Workshop on Context-Aware Adaptation Mechanisms for Pervasive and Ubiquitous Service. 2010.
- Pacheco F., Aguilar J., Rangel C., Cerrada M., Altamiranda J., Methodological framework for Data Processing base on the Data Science paradigm, Proceedings of the XL Conferencia Latinoamericana en Informática (CLEI 2014).
- Ramírez M., Colina E., Sistema Supervisor Inteligente para procesos de producción de petróleo, Universidad de Cuenca. Revista MASKANA I+D. 71-82, 2014.
- Ronning R., Automatic Start-up and Control of Artificially Lifted Wells. Technical Report, Norwegian University of Science and Technology. Department of Engineering Cybernetics. 2011.
- Vizcarondo J., Aguilar J., Exposito E., Subias A., ARMISCOM: Autonomic Reflective Middleware for Management Service COMposition, Proceedings of the 4th Global Information Infrastructure and Networking Symposium IEEE Communication Society. 2012.

INDUSTRIAL

GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO DE UNA PLANTA VIRTUAL UTILIZANDO LA INTERFAZ TWINCAT Y VISUAL BASIC**STORAGE MANAGEMENT OF A VIRTUAL PLANT USING THE TWINCAT AND VISUAL BASIC INTERFACE****Autores:****Moreno, Joel A.¹; Suárez B., Glendy S.²**¹Laboratorio de Instrumentación, Control y Automatización, Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela.²Grupo de Investigación de Bioingeniería, Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela.**Corresponding Author:** jamoreno@unet.edu.ve**RESUMEN**

Este artículo, presenta la gestión de almacenamiento de un sistema de transporte aéreo de una planta virtual, utilizando la interfaz TwinCAT y Visual Basic. El sistema de almacenamiento consta de 4 áreas principales: almacenamiento de ganchos libres, carga, almacén y descarga. Esta aplicación, está enmarcada en la tecnología al servicio del sector productivo con el fin de ayudar a la eficiencia de los procesos. En este trabajo, se desarrolla un modelo de eventos discretos (DES) de la planta virtual con el software Visual Basic, y se realiza la gestión de almacenamiento, implementando la lógica de control en TwinCAT basado en la norma IEC-61131, y por medio de la herramienta de comunicación TwinCAT ADS-OCX se logra establecer la interfaz entre ambos programas, para controlar y monitorear las variables del proceso. La automatización de la gestión de almacén de una planta virtual, permite facilitar el proceso de almacenaje aéreo, evitando accidentes laborales por parte de los trabajadores que realizan la labor de este proceso, además permite que estas personas, puedan llevar más ligera la supervisión y detección de fallas del proceso del almacén.

ABSTRACT

This article presents the storage management of an air transport system of a virtual plant, using the interface TwinCAT and Visual Basic. The storage system consists of 4 main areas: storage of free hooks, loading, storage and unloading. This application is framed in the technology at the service of the productive sector in order to help the efficiency of the processes. In this work, a discrete event model (DES) of the virtual plant is developed with Visual Basic software, and storage management is performed, implementing the control logic in TwinCAT based on the IEC-61131 standard, and through of the communication tool TwinCAT ADS-OCX is able to establish the interface between both programs, to control and monitor the process variables. The automation of the warehouse management of a virtual plant, facilitates the process of aerial storage, avoiding accidents at work by the workers who carry out the work of this process, in addition allows these people, can carry lighter supervision and detection of store process failures.

Palabras clave: TwinCAT, Visual Basic, TwinCAT ADS-OCX, gestión y almacenamiento.**Key words:** TwinCAT, Visual Basic, TwinCAT ADS-OCX, management and storage.

INTRODUCCIÓN

La automatización en las industrias permite: aumentar la capacidad de producción y llevar el control de sus productos de una manera más efectiva y eficiente, como lo plantea Velásquez (2004), quien expone que la automatización en las industrias permite:

Seguridad: Ahorrar compras en implementos de seguridad, ahorro en seguros de vida hospitalización, accidentes entre otros.

Calidad: Disminución de devoluciones de artículos por parte del consumidor, ingresos a nuevos mercados aumento de la demanda por certificación de calidad por parte de un organismo supervisor.

Mercado y productos: Respuesta oportuna para la demanda de producción. Aumento de ingresos al aumentar la producción.

Estas características hacen que las industrias inviertan en la tecnología de sus procesos para tener un nivel estandarizado de calidad y puedan ser más eficientes. En el contexto de una economía competitiva, las empresas están obligadas a ser eficientes. Aquellas corporaciones que no tomen las decisiones adecuadas o no se actualicen frente a los cambios que se generan en el entorno, están condenadas a perder rentabilidad y desaparece. (Vilaboa, 2004, p.40)

Los sistemas de almacén de las industrias, requieren cada día más el uso de máquinas de carga para poder movilizar los productos, también equipos mecánicos como la implantación de cintas transportadoras y mecanismos para sujetar y transportar automáticamente las cargas. El proceso de la gestión de almacén refiere según Correa *et al.* (2010), como la recepción, control e inspección (descarga del camión, inspección de los productos recibidos y distribución de los productos para su almacenamiento), el almacenamiento (ubicación de los productos en el almacenamiento por prioridades y almacenamiento del producto hasta que sea demandado por el cliente), la preparación de los

pedidos (órdenes de los pedidos, recuperación de los productos desde su ubicación de almacenamiento para preparar los próximos pedidos) y el embalaje y despacho (chequear, empacar y cargar los vehículos en el medio de transporte, políticas para ubicar las unidades de carga en camiones que se encuentran en la zona de carga, chequeo de facturas, etiqueta con dirección de entrega, entre otros).

En los sistemas de almacenaje existen dos métodos para la distribución del producto, según Dopuch (1988) y Morse (1983), el método FIFO (First In, First Out) el primer producto en entrar es también el primer producto en salir. El método LIFO (Last In, First Out) el último producto que entra es el primero que sale.

En la automatización el controlador lógico programable (PLC), permite aumentar niveles de productividad y seguridad industrial, por su utilidad y versatilidad a la hora de ser implementado en un proceso industrial. En el mercado mundial existen diferentes marcas de PLC modulares e incluso compactos para distintas áreas de trabajo destacándose entre ellas Beckhoff, una empresa alemana que a través de su tecnología de vanguardia ofrece muchas aplicaciones, a nivel de hardware y software.

Existen algunas investigaciones que aplican los productos TwinCAT (Beckhoff) y Visual Basic, para procesos de automatización industrial, como el caso de López *et al.* (2015) quienes desarrollaron una aplicación de realidad virtual conectada a un PLC, para el control de una célula robotizada, que se simula en un entorno virtual controlando el comportamiento de una máquina industrial, mediante su recreación en 3D. Utilizando parte del hardware un PC embebido del fabricante Beckhoff, el cual permite instalar un runtime para implementar las funciones de un PLC común, como software emplean Visual Studio 2010 Express, cuyo lenguaje de programación es Visual Basic.NET.

Otra investigación desarrollada por Luna *et al.* (2015) fue el sistema de adquisición de datos

meteorológicos en tiempo real con PLC, este sistema consiste en tomar datos de: temperatura de aire, humedad relativa, radiación solar, precipitación, velocidad y dirección del viento. Para este sistema se utiliza un PLC marca Beckhoff, con una aplicación de monitoreo en tiempo real desarrollado en Visual Basic 2010 Express.

Este documento muestra una investigación realizada con un modelo de eventos discretos (DES) de la planta virtual con el software Visual Basic, y la gestión de almacenamiento de esta planta desarrollando la lógica de control en TwinCAT basándose en la norma IEC-61131-3, estableciendo la comunicación con Visual Basic, para el control y monitoreo de este proceso.

La gestión de almacenamiento de una planta virtual, se expone en las siguientes secciones: El método describe el funcionamiento de la planta virtual basado en la gestión de un almacén, además explica los programas utilizados para el

control y monitoreo de la planta. Los resultados muestran las pruebas del funcionamiento de la planta virtual con interfaz en Visual Basic, considerando como única falla la del motor principal del elevador, y finalmente se presentan las discusiones de los resultados y conclusiones.

MÉTODO

1. Gestión de almacén.

El sistema de almacenamiento aéreo consta de 4 áreas principales: almacenamiento de ganchos libres, carga, almacén y descarga. Estas áreas están interconectadas por una estructura de monorrieles aéreos, con la finalidad de transportar portadores de carga (ganchos) que contienen a su vez el producto (neumático) destinado para el almacenamiento. La Figura 1, ilustra el movimiento del portador de carga y la conexión entre las áreas del proceso de almacenaje aéreo.

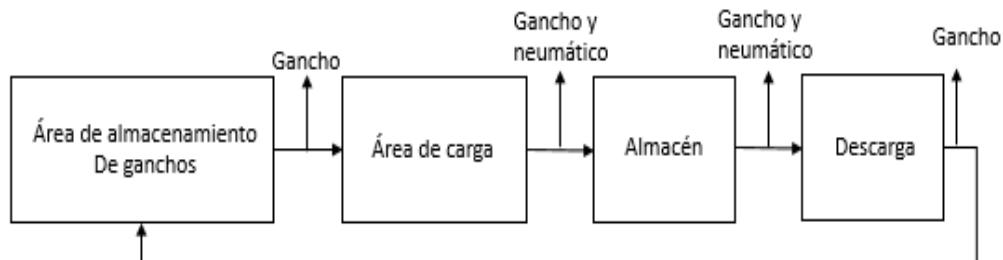


Figura 1. Esquema de movimiento del portador carga (gancho)

A continuación, se describen los elementos que conforman cada área del proceso de gestión de almacén:

a) **Área de almacenamiento de ganchos libres:**

En esta área, se almacena los portadores de carga que están a la espera de ser llamados para cargar un nuevo producto (neumático) en el área de carga. Los ganchos libres o

transportadores de carga están apilados en serie y el primero es retenido por un bloqueador. Para liberar un gancho se acciona el pistón neumático del bloqueador, el primer portador de carga se libera, mientras que los demás son retenidos como se muestra en la Figura 2.

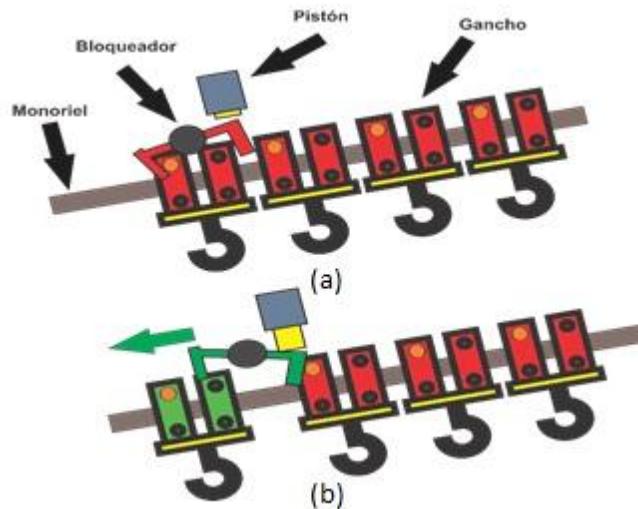


Figura 2. Funcionamiento del bloqueador. Pistón desactivado (a) y pistón activado (b)

- b) **Área de carga:** El área de carga consta de los siguientes elementos:
- **Brazo robótico:** Coloca el neumático en el portador de carga dentro del elevador eléctrico.
 - **Un elevador con contrapeso:** Tiene como finalidad transportar el gancho con el neumático hacia el almacén.
 - **Dos motores eléctricos:** Uno principal y otro auxiliar en el caso de falla, estos motores hacen que el elevador pueda ascender o descender.
 - **Un bloqueador:** Su función es retener el gancho en el elevador eléctrico y liberarlo cuando sea necesario.
 - **Nueve sensores de proximidad:** 2 para variar la velocidad del motor eléctrico, 2 para detectar el portador de carga en la parte inferior y superior del elevador, 1 para detectar el robot en la zona segura, 1 para detectar el neumático debidamente colocado en el gancho y 1 para detectar el gancho cuando haya abandonado el ascensor eléctrico.
 - **Dos sensores finales de carrera:** Para detectar si el elevador llega al extremo inferior o superior del recorrido.
- c) **Área de almacén.** Se almacena los ganchos con los neumáticos a la espera de ser despachados. Esta área tiene 4 rieles de

almacenamiento para una capacidad máxima de 10 portadores de carga cada uno. El transporte del gancho en esta área se hace por dos métodos, uno por efecto de gravedad (pendientes en los rieles) y el otro por un motor eléctrico acoplado a una polea. Este último tiene la finalidad de mover una cadena que hace contacto con el gancho y lo mueve por arrastre mecánico. El flujo del proceso es FIFO (First In, First Out) con una gestión de carga de tipo Drive Throught (los rieles de almacenamiento tienen dos vías de accesos al producto, uno para la carga y el otro para la descarga).

- d) **Área de descarga.** Posee un elevador como el área de carga, aunque el ascenso y descenso es realizado por un pistón neumático de simple efecto. También tiene un brazo robótico (para descargar el neumático del gancho), 2 bloqueadores, 2 sensores finales de carrera para detectar si el elevador está en el extremo superior o inferior, y 6 sensores de proximidad.

2. Modos de operación.

Para iniciar el proceso de gestión de almacenaje, se verifica el sistema de arranque (fase de verificación) y posteriormente se efectúan las órdenes de carga y descarga para certificar el

correcto funcionamiento del sistema para el caso de 4 rieles. Esta verificación se realiza, presionando el botón “Inicio” ubicado en el panel de control y monitoreo del proceso en TwinCAT. En la planta virtual se muestra la ventana del sistema de arranque del proceso, la cual representa la fase de verificación. El resultado de la verificación, son enviadas al PLC TwinCAT a través del botón denominado “Verificar proceso”, el cual permite a la planta avanzar o no avanzar a la fase de operación; si el resultado es negativo, muestra una ventana que indica el origen de la falla por área, y retorna al punto inicial de la fase de verificación. Los modos de operación de la planta virtual vienen dados por:

- a) **Modo de espera:** El almacén está a la espera de la activación del modo de carga o descarga.
- b) **Modo de carga:** Es el estado de recepción del producto, realizando el traslado y almacenaje

del mismo, en uno de los rieles ubicado en el área de almacenamiento. Luego de este procedimiento el sistema entra en el modo de espera.

- c) **Modo de descarga:** Es el estado de liberación del producto en uno de los rieles de almacenamiento para su traslado al área de descarga donde será despachado. Finalizado el despacho del producto, el sistema entra en el modo de espera.

3. Eventos Discretos de la gestión de almacén.

En esta sección, se describen los eventos y variables de comportamiento del proceso de gestión de almacenaje en forma de un diagrama de bloques para cada área del proceso, estos diagramas se presentan a continuación en la Figura 3, 4 y 5:

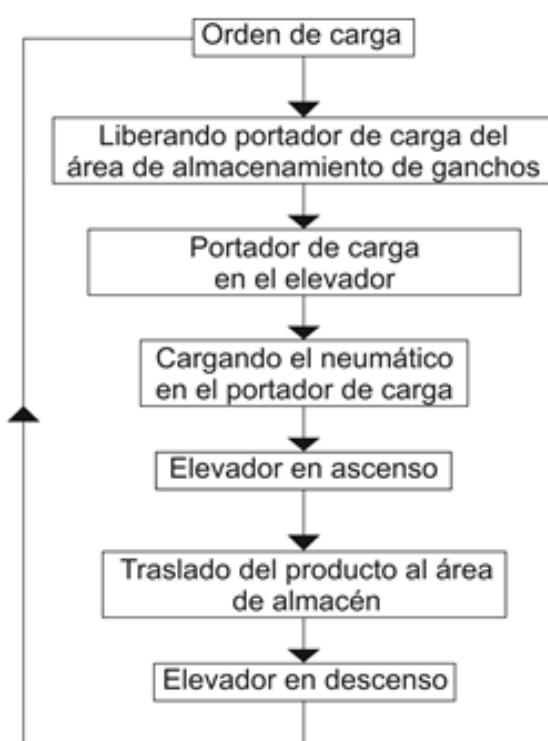


Figura 3. Eventos discretos en el área de carga (elevador eléctrico)

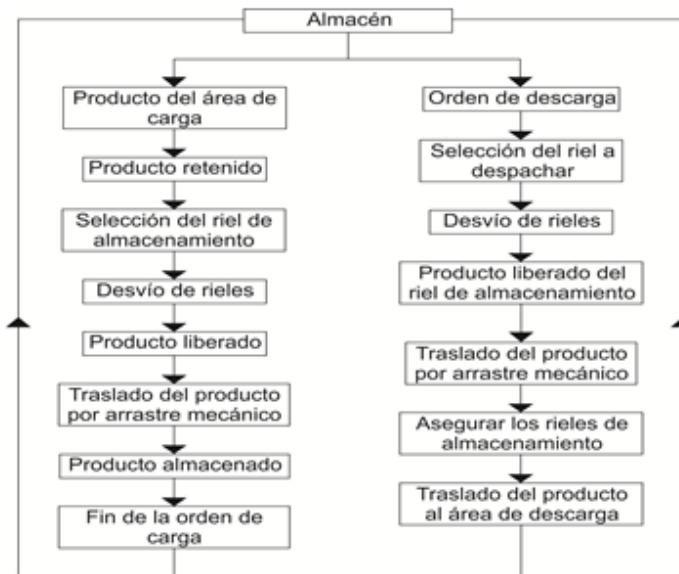


Figura 4. Modelo discreto del almacén

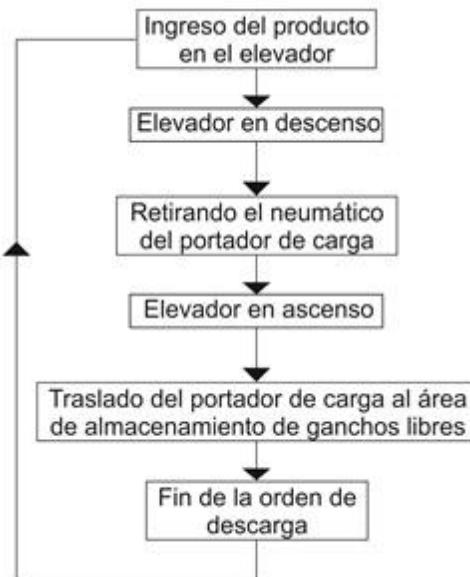


Figura 5. Modelos discretos en el área de descarga (elevador neumático)

Durante la orden de carga, el proceso avanza del evento “Elevador en descenso” de la Figura 3 al “Producto del área de carga” de la Figura 4; mientras que durante la orden de descarga, el proceso avanza del evento “Traslado del

producto al área de descarga” de la Figura 4 al evento “Ingreso del producto en el elevador” de la Figura 5.

4. Entorno Visual Basic 6.0 de la planta virtual.

En la simulación de la planta virtual, los sensores se accionan por el usuario con la finalidad de emitir un estado de encendido o apagado, a excepción de los finales de carrera que son activados automáticamente. La planta posee dos modos de operación:

- a) **Carga y almacenamiento:** El proceso de carga comienza específicamente en el área de almacenamiento de ganchos libres, como se describe en la Figura 1. Para que el sistema inicie la secuencia de carga del producto, el elevador debe estar en la parte inferior del ascensor, el robot debe estar preparado para la carga del producto y que esté el proceso en modo de espera.

Terminado el proceso en el área de carga, el producto sigue su trayecto en la ventana del área de almacén, donde es trasladado a uno de los 4 rieles de almacenamiento, de acuerdo a la disponibilidad existente en el área. Una vez que el producto haya sido depositado correctamente en el almacén, el sistema pasa del modo de carga al modo de espera, terminando así la orden de carga del producto.

- b) **Descarga:** El proceso comienza en el área de almacén como se describe en la

Figura 1. Para que el sistema entre en modo de descarga deben cumplirse cuatro condiciones: primero que exista al menos un gancho en el almacén, segundo que el sistema se encuentre en modo de espera, tercero que el operador dé la orden de descarga y cuarto que el gancho a despachar active alguno de los sensores correspondientes a la descarga. Si las condiciones están dadas, el sistema libera el portador de carga del riel de almacenamiento para su traslado hacia el área de descarga.

5. Programa de control de la planta virtual utilizando TwinCAT.

Para programar la lógica de control en TwinCAT, se toma como referencia para el manejo del programa, el encendido y apagado de un motor eléctrico con enclavamiento. La activación del motor será retrasado por 2 segundos. El programa de control, será escrito en lenguaje de gráficos de funciones secuenciales (SFC) y el lenguaje de texto estructurado (ST) bajo la normativa IEC 61131-3.

- a) **Programar la lógica de control:** Se crea la estructura SFC (Figura 6) del programa principal de control y las acciones de cada etapa del proceso, en lenguaje ST (Figura 7).

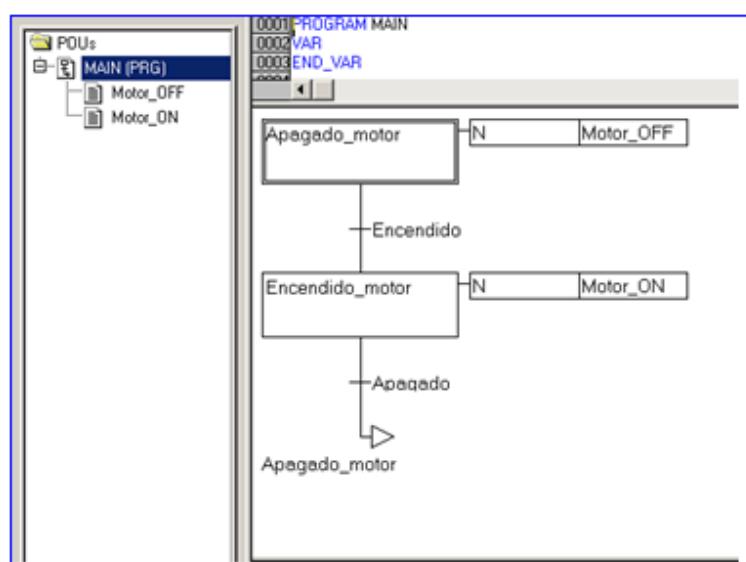


Figura 6. Diagrama SFC del motor eléctrico

Figura 7. Accionamiento del motor con lenguaje ST

- b) *Construir el panel gráfico de control y supervisión:* En la pestaña de visualización, se construye dos botones no retenedores (Encendido y Apagado) y para el caso del

motor, un indicador booleano y un indicador de tiempo para el TON como se muestra en la Figura 8.

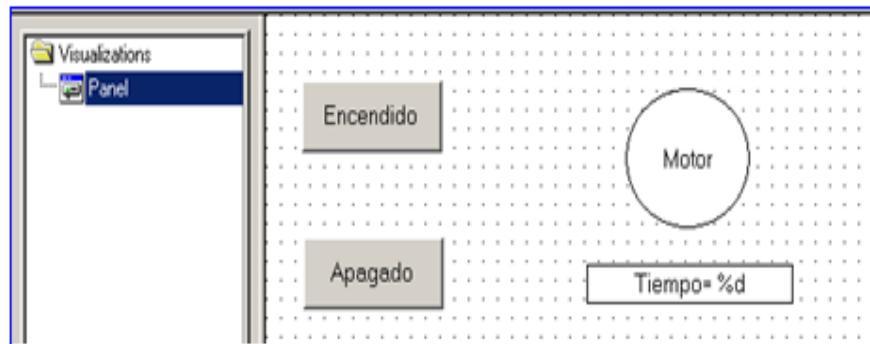


Figura 8. Panel de control y supervisión del motor eléctrico

6. Comunicación entre TwinCAT y Visual Basic para la planta virtual.

Se establece una comunicación bidireccional entre TwinCAT y Visual Basic a través de la herramienta TwinCAT ADS-OCX como se muestra en la Figura 9. Esto permite realizar la comunicación de cada accionamiento entre el

ADS-OCX y el PLC de TwinCAT, procesando el dato en el programa de control, se actualizan los estados de las variables (entre ellos los actuadores) y los envía a Visual Basic a través del dispositivo ADS-OCX, donde se desarrollan las acciones correspondientes en la planta virtual.

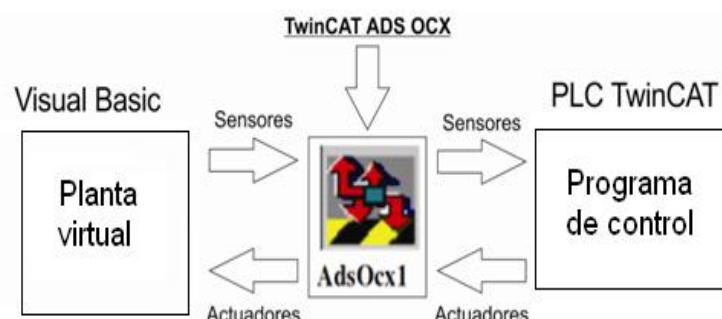


Figura 9. Comunicación entre TwinCAT y Visual Basic

RESULTADOS

1. Eventos Discretos y Visual Basic.

Los eventos del proceso según las Figuras 3,4 y 5, de las áreas de: carga, almacenaje

y descarga se muestran en el entorno de Visual Basic en la Figura 10,11 y 12.

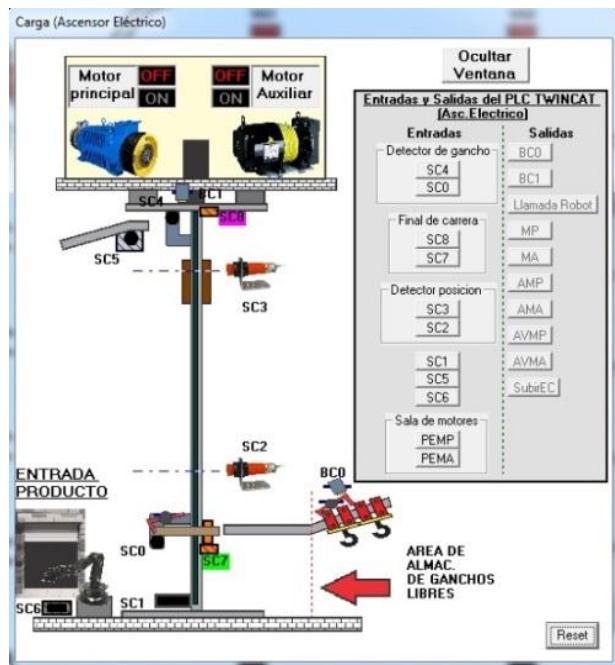


Figura 10. Área de carga

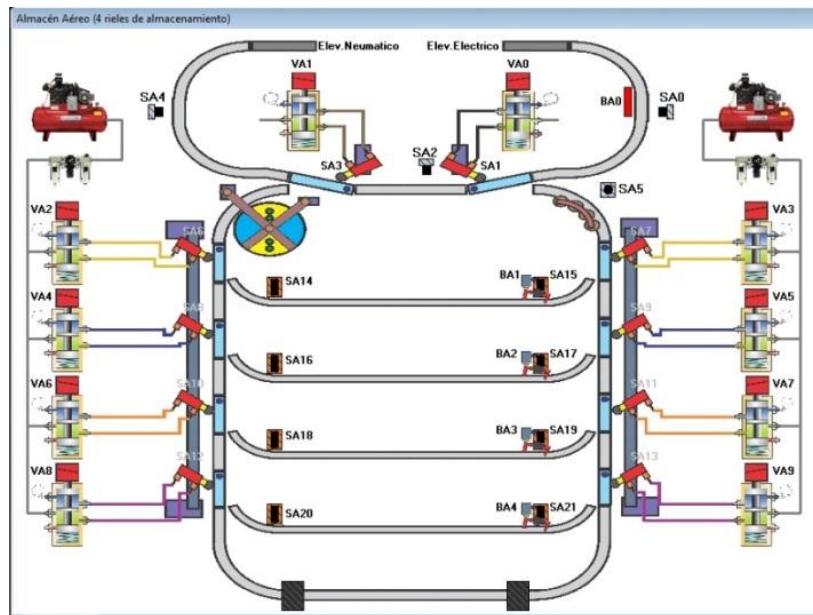


Figura 11. Área de almacenaje

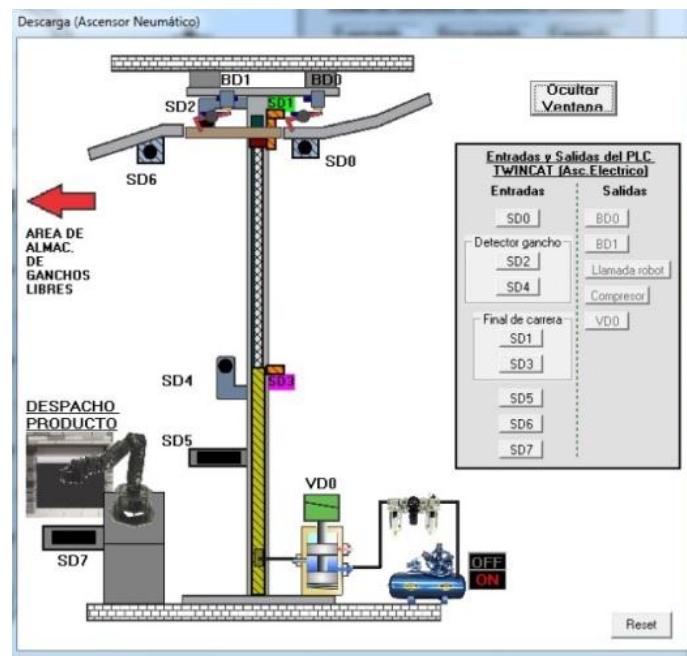


Figura 12. Área de descarga

2. Programa de control en TwinCAT.

Para el desarrollo de la lógica de control en TwinCAT, se realiza un programa principal en lenguaje SFC como estructura secuencial del

proceso, conformado por etapas, acciones, bifurcaciones y saltos como se observa en la Figura 13.

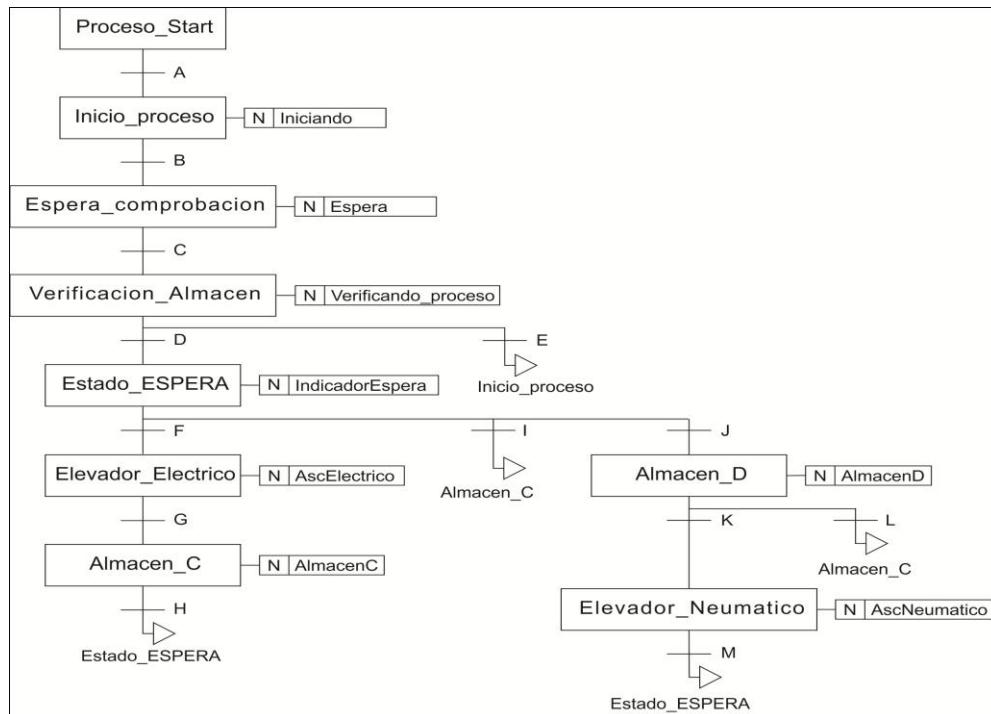


Figura 13. Programa principal de control en SFC

En el programa principal de control, las etapas de “Elevador_Electrico” y “Elevador_Neumatico” y sus respectivas acciones “AscElectrico” y “AscNeumatico, están programados en lenguaje SFC como se muestra

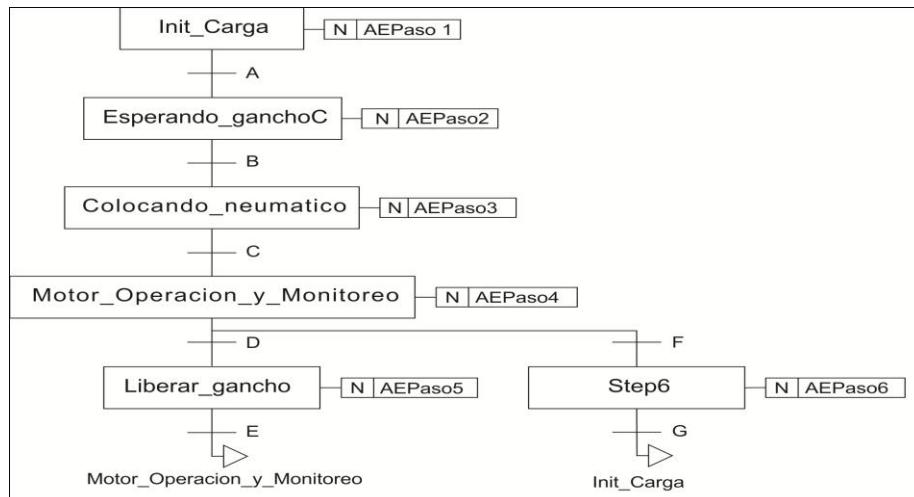


Figura 14. Programa de control en SFC de la acción “AscElectrico”

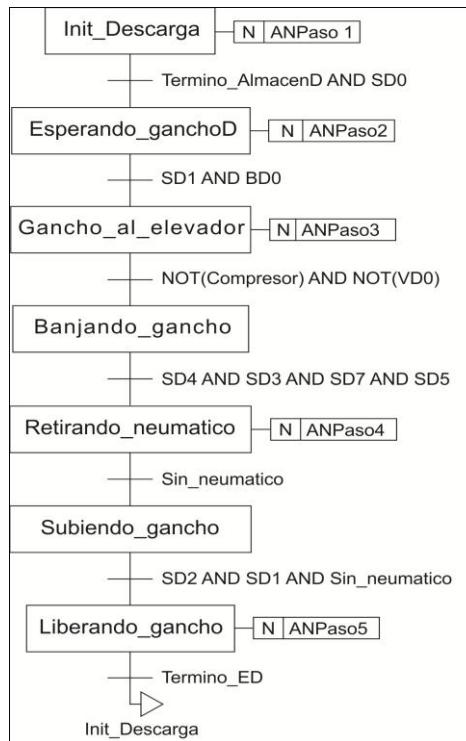


Figura 15. Programa de control en SFC de la acción “AscNeumatico”.

en la Figura 14 y 15. Las demás acciones de cada etapa del programa de control están en lenguaje ST.

3. Comunicación entre TwinCAT y Visual Basic para la planta virtual.

Para utilizar el control ADS-OCX en TwinCAT, se activa el PLC virtual seleccionando la ventana

Choose Run-Time System, como se muestra en la Figura 16 en donde se indica el número de dirección IP y puerto del PLC Virtual activo.

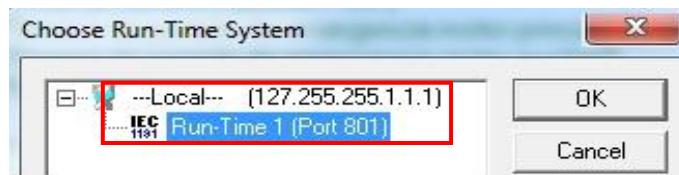


Figura 16. Número IP y puerto del PLC virtual en TwinCAT

En Visual Basic para la planta virtual, se selecciona el control ADS-OCX y en el panel de

propiedades se coloca el número de dirección IP y puerto como se muestra en la Figura 17.

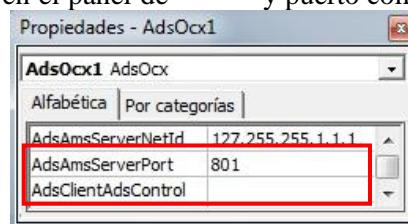


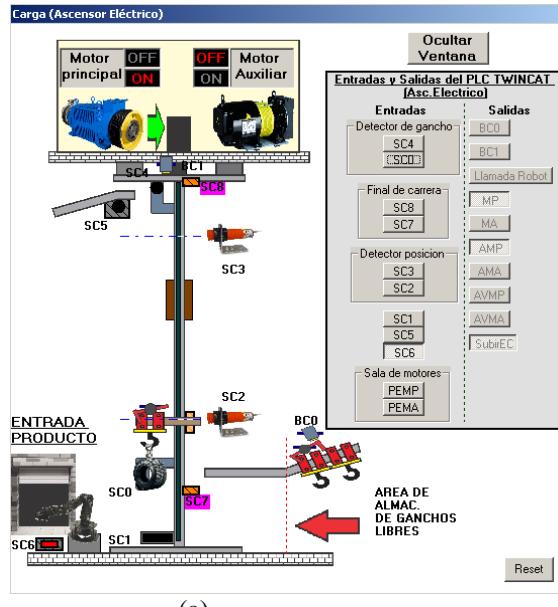
Figura 17. Configuración de propiedades del control AdsOcx1 en visual Basic.

La configuración del control ADS-OCX enlaza la aplicación Visual Basic como cliente y el PLC TwinCAT como servidor.

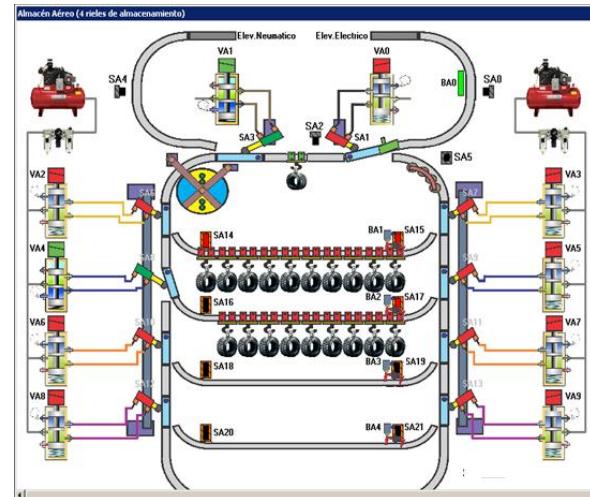
4. Gestión de almacén.

El producto para almacenar en este caso es un neumático de único modelo. Para la recepción del producto en la planta virtual se genera una orden de carga, el programa de control activa el pistón del bloqueador “BC0”, para que un portador de carga avance por el riel y se traslade

al área de carga donde por medio del elevador eléctrico, este portador traslada el producto como se ve en la Figura 18(a), una vez se ubique el portador de carga al extremo superior del elevador, notifica la posición del gancho al PLC y activa el pistón del bloqueador “BC1”. Luego el producto avanza por medio del portador de carga e ingresa al área de almacén aéreo. El proceso de carga termina cuando el elevador se ubique en el extremo inferior.



(a)



(b)

Figura 18. (a) Producto en área de carga; (b) producto al área de almacenaje aéreo

En el área de almacén aéreo el producto es retenido por el bloqueador “BA0” y activa el sensor “SA0”. El programa de control verifica los rieles de almacenamiento disponibles y selecciona el más cercano. En este caso es el riel 2 y el PLC activa la válvula de desvío hacia el riel VA4, la válvula “VA1” se activa y desactiva la válvula “VA0” junto con sus sensores finales de carrera correspondientes. El PLC detecta el correcto posicionamiento del pistón de desvío de entrada y libera el portador de carga al activar el pistón del bloqueador “BA0”. El portador de carga continúa su trayecto hacia el riel seleccionado. Ver Figura 18 (b).

Para la descarga del producto primero se emite un pedido, el programa de control inspecciona el

almacén y selecciona el riel que este más próximo a la salida del producto, accionando la válvula de desvío de la salida del riel, y activando la válvula “VA0” y desactivando la válvula “VA1” con los sensores finales de carrera correspondientes. El PLC detecta el correcto posicionamiento de los pistones, y libera el portador de carga para trasladar el producto hacia el área de descarga como se muestra en la Figura 19 (a). Una vez ingresa al área de descarga el PLC, acciona el elevador neumático para que descienda y el producto sea descargado por el brazo robótico (ver Figura 19 (b)). Finalmente, el portador de carga se eleva en la parte superior del elevador para ser trasladado al área de ganchos.

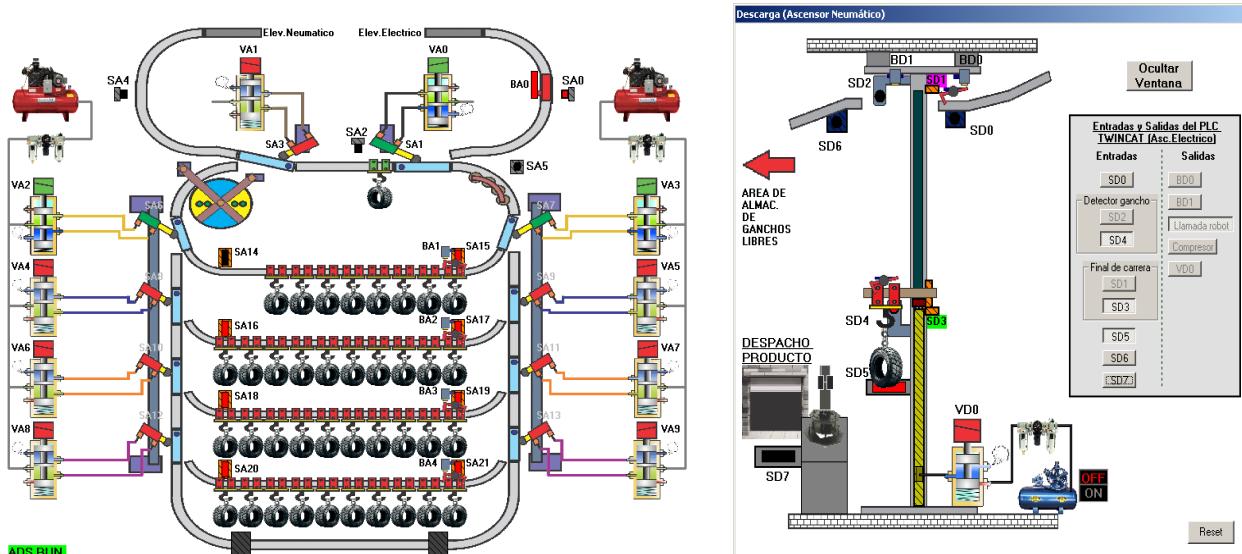


Figura 19. (a) Producto al área de almacenaje aéreo; (b) Producto en área de descarga

DISCUSIÓN

En base a los conceptos de planificación, organización, manejo de información y demás características que definen un proceso de gestión de almacenaje. Se logra determinar satisfactoriamente el modelo de eventos discretos del almacén aéreo y los instrumentos de automatización industrial para su implementación en la planta virtual a través de Visual Basic.

Durante la comunicación entre TwinCAT y Visual Basic, se presenta un retardo mínimo, que no afecta la secuencia lógica del proceso de carga, almacén y descarga de la planta virtual.

Para un sistema de gestión de almacenaje real se debe configurar los parámetros de corriente, presión y otras variables que son necesarias para verificar el sistema de arranque del proceso, de tal manera que el programa de control inicie el proceso de almacenaje aéreo.

CONCLUSIONES

Las tecnologías de control centradas en la automatización de los procesos, es una vía factible para dar solución a los problemas de uso de espacio y clasificación de los productos a la hora de ser almacenados y distribuidos.

El PLC de TwinCAT de la empresa Beckhoff, se convierten en una alternativa para la automatización de procesos como la gestión de almacén con transporte aéreo.

La automatización para el proceso de gestión de un almacén, evita los esfuerzos bruscos y accidentes laborales por parte de las personas que realizan este proceso de forma manual. También permite mayor eficiencia en el control y supervisión del producto tratado, para la carga y descarga.

El monitoreo y control del proceso de gestión de almacén de una planta virtual puede plantearse con la modalidad remota.

REFERENCIAS

- Correa, A.; Gómez, R. y Cano, J. Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Revista estud. gerenc.* 26(117):145-171.2010.
- Dopuch, N. y Pincus, M. Evidence on the Choice of Inventory Accounting Methods: LIFO versus FIFO. *Journal of Accounting Research.* 26(1): 28-59. 1988.
- López, F.; Calvo, I.; Zulueta, E.; Nalda, P. y Pérez, F. Desarrollo de mundos virtuales e integración con procesos de automatización industrial. *XXXVI Jornadas de Automática. Comité Español de Automática de la IFAC (CEA-IFAC).* 682-687.2015.
- Luna, R.; Nolasco, A.; Chávez, L. y Popoca, M. Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 6(8):1701-1713.2015.
- Morse, D., y Richardson, G. The LIFO/FIFO Decision. *Journal of Accounting Research.* 21(1): 106-127. 1983.
- Velásquez, J. Cómo justificar proyectos de automatización Revista de investigación Industrial Data. 7(1):7-11.2004.
- Vilaboa, J. Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile. *Revista Facultad de Ingeniería, U.T.A.* 12(1):33-41.2004.

INDUSTRIAL

FORMULARIOS WEB CON TÉRMINOS DIFUSOS

WEB FORMS WITH FUZZY TERMS

Autores:

Labbad, José Á.¹; Rodríguez, Rosseline²; Tineo, Leonid³

¹ Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela

² Departamento de Computación y Tecnología de la Información, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

³ Departamento de Computación y Tecnología de la Información, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

Corresponding Author: crodrig@usb.ve

RESUMEN

La teoría de conjuntos difusos ha permitido extender SGBD incorporando términos lingüísticos vagos en SQL, proveyendo mayor expresividad para búsquedas basadas en preferencias del usuario. En la actualidad, en casi cualquier ámbito de la vida hay aplicaciones Web que cuentan con formularios de búsqueda. Sin embargo, los controles Web tienden a ser rígidos dejando usuarios insatisfechos en sus búsquedas. Aquí se propone un mecanismo sistemático para analizar los controles Web existentes en formularios de búsqueda, que permite convertirlos para que funcionen con términos difusos. Estas búsquedas estarían soportadas por SGBD extendidos mediante la aplicación de la teoría de conjuntos difusos. Un estudio de opinión realizado muestra que los usuarios desean hacer este tipo de búsquedas, así como también, que los programadores Web están dispuestos a incorporarlas en sus desarrollos.

ABSTRACT

Fuzzy sets theory has allowed extending DBMS incorporating vague linguistic terms in SQL, providing greater expressiveness for searches based on user preferences. At present, in almost any area of life there are web applications that have search forms. However, Web controls tend to be rigid, leaving users dissatisfied with their searches. Here we propose a systematic mechanism to analyze the Web controls existing in search forms, which allows converting them to work with fuzzy terms. These searches would be supported by extended DBMSs through the application of fuzzy set theory. A survey opinion conducted shows that users want do this type of searches as well as Web programmers are willing to incorporate them into their developments.

Palabras clave: Formularios Web, términos difusos, controles Web, lenguaje natural, búsquedas.

Key words: Web forms, fuzzy terms, Web controls, natural language, searches.

INTRODUCCIÓN

La teoría de conjuntos difusos provee un mecanismo para dar tratamiento matemático y computacional a términos vagos del lenguaje natural. Con base a esta teoría es posible una lógica gradual, conocida como lógica difusa. Usando esta teoría se ha propuesto la incorporación de términos lingüísticos vagos en condiciones lógicas del lenguaje de consultas a bases de datos SQL. Así, en trabajos de investigación previos, los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) más usados se han extendido con lógica difusa (Zadeh 1965; Bosc y Pivert, 1995; Galindo, 2008; Carrasquel *et al.*, 2014a). Como resultado se tienen SGBD que proveen mayor expresividad para búsquedas basadas en preferencias del usuario. Estos SGBD extendidos están disponibles para ser utilizadas libremente, sin embargo, no se observa que se haya masificado su uso a nivel de aplicaciones Web.

Hoy en día, existen aplicaciones Web para casi cualquier ámbito de la vida. Estas aplicaciones usualmente están dotadas de formularios que permiten al usuario la realización de búsquedas. En la actualidad los usuarios de aplicaciones Web demandan mayor flexibilidad y adaptación a sus requisitos o preferencias. Estos formularios en muchas oportunidades muestran rigidez y poca facilidad de adaptación a las demandas de los usuarios. Como resultado, en muchas ocasiones, los usuarios quedan insatisfechos en sus búsquedas. De manera que sería conveniente extender los formularios Web para que hagan uso de términos lingüísticos vagos, tal como se ha extendido SQL con lógica difusa.

En el presente artículo, se muestra el resultado de un estudio de opinión que valida la factibilidad de usar términos difusos en formularios Web, por parte de programadores y usuarios. El estudio muestra que los usuarios están deseando este tipo de búsquedas, así como también que los programadores Web están dispuestos a incorporarlas en sus desarrollos. Estas búsquedas estarían soportadas por SGBD basados en el SQL extendido mediante la aplicación de la teoría de conjuntos difusos.

La principal contribución de este trabajo es la propuesta de un mecanismo sistemático, que permitirá extender formularios de búsquedas existentes en aplicaciones Web, que no fueron concebidos originalmente con lógica difusa, para que puedan involucrar términos lingüísticos vagos, que le darán mayor flexibilidad a las búsquedas, facilitando la expresión de preferencias de usuarios, evitando la insatisfacción producida por resultados de búsquedas rígidas.

El resto de este documento se ha estructurado como se describe a continuación: la sección 2 presenta el método seguido durante la investigación; en la sección 3, se presenta el resultado de la investigación una propuesta metodológica que permite incorporar términos difusos a formularios Web; la sección 4, presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

MÉTODO

El tipo de investigación realizada en este trabajo es teórico-documental. Por ello, en un primer paso se estudiaron documentos existentes, incluyendo fuentes primarias y secundarias. Luego se planteó una hipótesis o pregunta de investigación. Para dar respuesta a esta pregunta se establecieron los conceptos que serían usados en el planteamiento de una propuesta, así como, se realizó un estudio de opinión sobre el conocimiento de estos conceptos y su oportunidad de uso por parte de posibles usuarios de la propuesta. Posteriormente, se llega al resultado de esta investigación, que consiste en la exposición de un mecanismo que permite lograr la solución planteada. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones prácticas.

1. Estudio de investigaciones previas

La lógica difusa (Zadeh, 1965) ha sido motivo de una gran cantidad de estudios que continúan hasta la actualidad como lo afirma su creador (Zadeh, 2015). Parte de estos estudios se han concentrado en definir lenguajes que permitan

realizar consultas difusas a bases de datos relacionales (Bosc y Pivert, 1995; Galindo 2008; Pivert y Bosc, 2012). Algunos se enfocan en extender el lenguaje estándar para consultas a bases de datos SQL, *Structured Query Language* (ISO/IEC 2011). A pesar del surgimiento de tendencias NO-SQL (Lai, 2009), todavía hoy en día, el lenguaje de consultas a bases de datos más utilizado a nivel mundial sigue siendo SQL, ubicándose en el sexto lugar en un reciente estudio (Ciancio, 2017). Debido a su uso masivo en diversas áreas de aplicación, la perspectiva es que SQL siga siendo ampliamente usado en el futuro.

Algunas de las versiones extendidas de SQL con lógica difusa, cuentan con implementaciones en distintos Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD). Éstas se han realizado con una arquitectura de acoplamiento fuerte, en la cual se modifica directamente el código fuente (Aguilera *et al.* 2013), con una arquitectura de acoplamiento débil, implementada como una capa lógica externa que procesa los datos extraídos del SGBD (Goncalves y Tineo, 2008), o con una arquitectura de acoplamiento medio, usando una capa lógica programada en el lenguaje nativo del SGBD (Galindo, 2008; Carrasquel *et al.*, 2014a). Sin embargo, en la actualidad, todavía no existe un número significativo de aplicaciones que aprovechen las ventajas de trabajar con lógica difusa en un SGBD.

Las metodologías actuales contemplan muchos problemas diferentes que pudieran aprovechar las ventajas del uso de la lógica difusa, como las interfaces de usuario, las comunicaciones con otros sistemas, el manejo de datos, entre otros. En este sentido, se ha propuesto un método formal (Goncalves *et al.*, 2012) para implementar requerimientos que usan términos difusos, los cuales permiten representar las preferencias de los usuarios. El método se basa en la especificación de los requerimientos a través de una extensión con lógica difusa del cálculo relacional de tuplas que luego es

traducida al lenguaje SQLf para ser implementados en un SGBD real.

Los requerimientos difusos contienen elementos gramaticales (Rodríguez y Tineo, 2009), como adjetivos y adverbios del lenguaje natural, que pueden ser representados por términos lingüísticos (predicados, comparadores, conectores modificadores y cuantificadores). Además, existen características (Rodríguez y Tineo, 2009) que determinan cuándo una aplicación necesita o podría aprovechar estos términos en las consultas a una base de datos, las cuales dictan los lineamientos para que los desarrolladores modelen los requerimientos con lógica difusa. Estas características se recopilaron en siete aplicaciones experimentales desarrolladas usando lógica difusa.

También, se ha estudiado la incorporación de consultas difusas en metodologías de desarrollo de software (Goncalves *et al.*, 2009), dentro del modelo de ciclo de vida, específicamente en las fases de análisis, diseño e implementación. El estudio se basa en el desarrollo de aplicaciones sobre SGBD difusos (Goncalves y Tineo, 2008) realizadas utilizando el lenguaje de consultas difusas a base de datos SQLf, implementadas sobre una extensión difusa de Oracle denominada SQLfi.

Yan y Ma (2014) sostienen que la incorporación de información imprecisa e incierta en el modelo de base de datos ha sido un tema importante de investigación por largo tiempo, debido a que existen datos imprecisos e inciertos en muchas de las aplicaciones del mundo real. Por tal razón, es razonable pensar que incorporar términos difusos en los formularios de búsqueda como funcionalidad agregada dentro de las aplicaciones Web puede resultar de impacto en el presente.

2. Pregunta de investigación y conceptos

La Teoría de Conjuntos Difusos es la base matemática que sustenta la Lógica Difusa, la cual permite especificar expresiones del lenguaje

natural usando términos difusos. Esta lógica se ha incorporado en distintos ámbitos, sin embargo, no se ha incorporado sistemáticamente en formularios de búsqueda para aplicaciones Web. En tal sentido, se plantea como pregunta de investigación: ¿Es factible y útil incorporar términos difusos dentro de los controles Web que están presentes en los formularios de búsqueda? Para responder a esta pregunta, en una primera instancia, es necesario establecer los diferentes conceptos que fundamentan esta investigación, los cuales se describen a continuación.

2.1. Conjuntos difusos

El lenguaje que se usa en la cotidianidad está lleno de imprecisión. Rara vez se dice que la temperatura exacta de algo es 38 grados, en su lugar se emplean frases como “*está caliente*”, “*hace calor*” o “*tiene fiebre alta*”. Si se discute sobre la edad de una persona, probablemente no se conoce con certeza el valor exacto, pero se puede decir si es *joven*, *adulta* o *anciana*. También, es difícil que se mencionen distancias precisas hasta un lugar, más bien se indica lo *lejos* o *cerca* que está de un punto determinado. Si se quiere enfatizar algo, se usan adverbios en frases como “*es muy joven*” o “*está extremadamente lejos*”. En cuanto a cantidades, es común el uso de términos como *pocos*, *la mayoría* o *muchos*. Estos términos del lenguaje natural son adjetivos o adverbios que se caracterizan por ser impresos, vagos o difusos.

Una herramienta matemática que permite modelar estos términos es la Teoría de Conjuntos Difusos (Zadeh, 1965). La definición de un

conjunto difuso F se basa en un conjunto clásico X llamado el universo. Un conjunto difuso, permite membresía gradual, así la pertenencia a F de un elemento x de X viene dada por un grado $\mu_F(x)$ cuyo valor está en el intervalo real $[0,1]$. Si el grado es cero (0), el elemento está completamente excluido, si el grado es uno (1), el elemento está completamente incluido, en todos los demás casos se dice que está parcialmente o gradualmente incluido. Al conjunto de los elementos que están completamente incluidos se les conoce como **núcleo**, mientras que se denomina **borde** al conjunto de los elementos parcialmente incluidos. La unión del núcleo y el borde conforma el **soporte**, que es el conjunto de todos los elementos que no están completamente excluidos.

Para especificar un conjunto difuso en un universo totalmente ordenado, se puede usar una notación trapezoidal de la forma (x_1, x_2, x_3, x_4) , donde $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4$ señalan los puntos de inflexión de la función de membresía cuyo gráfico es un trapezoide, como se muestra en la figura 1(a). En el caso de un universo discreto, se puede especificar un conjunto difuso con una notación por extensión $\{\mu(x_1)/x_1, \dots, \mu(x_n)/x_n\}$, donde cada elemento x_i del dominio se acompaña de su grado de membresía $\mu(x_i)$. En la figura 1(b) se observa una representación gráfica de este tipo de notación donde cada barra representa el valor de $\mu(x_i)$ para cada x_i en el intervalo $[0,1]$. Los grados de membresía pueden ser asignados según la preferencia de los usuarios.

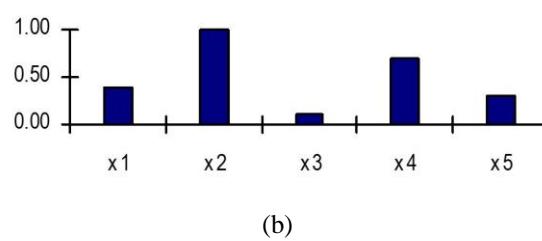
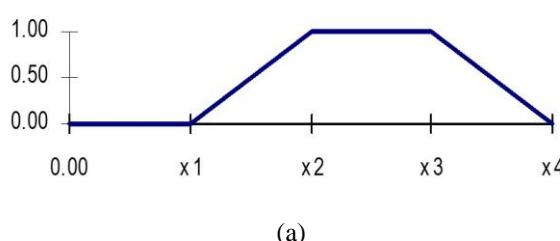


Figura 1. Notación: (a) trapezoidal y (b) por extensión, de un conjunto difuso

2.2. Términos difusos

La lógica difusa permite expresar condiciones con términos difusos, las cuales pueden usarse al realizar consultas o búsquedas sobre un grupo de datos. Fundamentada en la Teoría de Conjuntos Difusos (Zadeh, 1965), en esta lógica los valores de verdad son representados por números reales comprendidos en el intervalo $[0,1]$. Así, el cero (0) significa completamente falso y el uno (1) significa completamente cierto, y los demás valores del intervalo representan el grado de verdad obtenido para una condición que se está evaluando.

Con base en la Teoría de Conjuntos Difusos, el operador lógico negación se interpreta mediante el complemento de conjuntos, la conjunción mediante la intersección y la disyunción mediante la unión. El grado de membresía de un elemento x en el complemento del conjunto difuso F se calcula como $1 - \mu_F(x)$. El grado de membresía para el conjunto intersección se calcula mediante una norma triangular, que es operador binario, cerrado en $[0,1]$, conmutativo, con elemento neutro uno (1). A cada norma triangular le corresponde una co-norma, que es el concepto dual, la cual se usa para el cálculo de la unión. Usualmente se adopta la norma triangular mínimo (min) y su co-norma máximo (max).

Las expresiones en lógica difusa se construyen utilizando términos lingüísticos, tales como predicados, modificadores, comparadores, conectores y cuantificadores.

Los **predicados** (Rodríguez y Tineo, 2009) representan adjetivos del lenguaje natural, que corresponden a los componentes atómicos de la lógica difusa, los cuales pueden ser definidos con un conjunto difuso en tres formas diferentes: trapezoidal, una expresión con rango en el intervalo $[0,1]$ y por extensión indicando para cada valor del dominio del predicado su respectivo grado de verdad. Por ejemplo, los adjetivos *joven*, *adulto* y *anciano* para la edad, se pueden definir de forma trapezoidal como se observa en la Figura 2. En este caso, el usuario especifica el predicado *joven* con el trapezio (0, 0, 40, 60), que indica que una persona es completamente *joven* hasta los 40 años y empieza a disminuir el grado de membresía a partir de esa edad hasta llegar a cero para las edades igual o superiores a 60. De manera similar se define el término *adulto* con el trapezio (20, 40, 60, 80), donde las edades del núcleo están entre 40 y 60; y el término *anciano* con el trapezio (40, 60, 100, 100), cuyo núcleo está en edades mayores a 60.

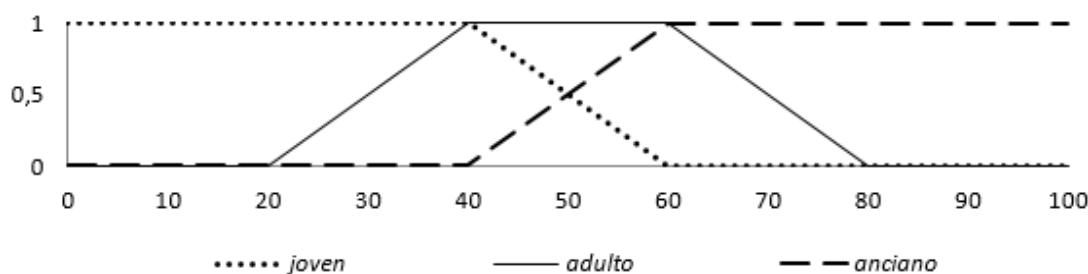


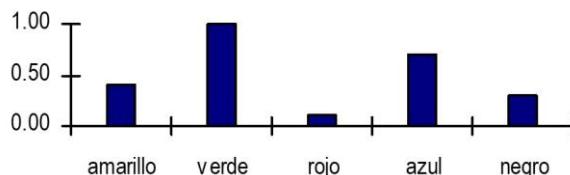
Figura 2. Definición trapezoidal de los predicados *joven*, *adulto* y *anciano*

Estos predicados son definidos en SQLf (Rodríguez y Tineo 2009) con las siguientes sentencias:

CREATE FUZZY PREDICATE *joven* ON 0..100 AS (0, 0, 40, 60);

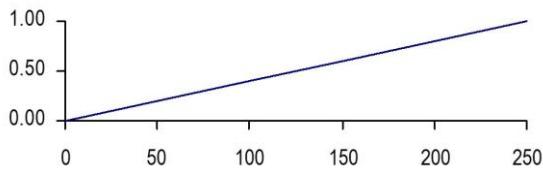
CREATE FUZZY PREDICATE *adulto* ON 0..100 AS (20, 40, 60, 80);
CREATE FUZZY PREDICATE *anciano* ON 0..100 AS (40, 60, 100, 100);
Un ejemplo donde se usa una definición por extensión sería el predicado *agradable*,

relacionado al universo de los colores = {amarillo, verde, rojo, azul, negro}, representado con el conjunto difuso *agradable* = {0.4/amarillo, 1/verde, 0.1/rojo, 0.7/azul, 0.3/negro}, ver figura 3. Un



(a)

ejemplo, que usa una expresión con rango en el intervalo [0,1] es el predicado *alto* definido con la expresión $x/250$, siendo x un valor en el rango 0..250.



(b)

Figura 3. Representación gráfica de: (a) la definición por extensión del predicado *agradable* para el universo de los colores; y (b) la definición del predicado *alto* con la expresión $x/250$.

Estos predicados son definidos en SQLf (Rodríguez y Tineo 2009) con las siguientes sentencias:

```
CREATE FUZZY PREDICATE agradable ON COLOR
AS (Amarillo / 0.4, Verde / 1, Rojo / 0.1, Azul / 0.7, Negro/0.3 );
CREATE FUZZY PREDICATE alto ON 0.250
AS ( X / 250 );
```

Los **modificadores** (Rodríguez y Tineo, 2009) son adverbios que sirven para expresar una propiedad adicional sobre un predicado, las cuales intensifican, relajan, desplazan o invierten el concepto que representa el predicado. Se pueden definir de tres formas: a través de una potencia a la cual será elevado el valor resultante de un predicado difuso, a través de un valor de traslación que indica lo que le será sumado o sustraído al valor de entrada de un predicado y con una función de norma. Por ejemplo, el modificador *extremadamente* pudiera representarse con la potencia al cubo del valor de la función de membresía, y el modificador *muy* como una traslación negativa. Estos modificadores son definidos en SQLf (Rodríguez y Tineo, 2009) con las siguientes sentencias:

```
CREATE FUZZY MODIFIER extremadamente
AS POWER 3.0;
CREATE FUZZY MODIFIER muy AS
TRANSLATION -50;
```

Los **comparadores** (Rodríguez y Tineo, 2009) permiten definir una comparación para dos argumentos recibidos. Los términos lingüísticos que los representan son adjetivos de grado comparativo o adverbios. Se pueden definir de dos formas: trapezoidal, si se especifica una expresión con dos variables, cuyo resultado, luego de ser evaluada, cae en el conjunto difuso definido por un trapecio; o por medio de una relación difusa, donde se especifica para cada par de valores su valor de verdad. Por ejemplo, se podría definir el comparador *cercano*, para los valores en el intervalo [-30,30], con la expresión $x-y$, donde el resultado obtenido se evalúa en la función de membresía representada por el trapecio (-20, -1, 1, 20). También, se puede definir el comparador *alrededorDe* en el intervalo [30,200] con la misma expresión y el mismo trapecio; incluso, el comparador *almenos* en el intervalo [120,300] con la expresión $\min(1,x/y)$. Otro ejemplo, para el conjunto de colores puede ser definir el comparador *similar*, usando la relación difusa $\{(negro,gris)/0.5, (azul,gris)/0.7,(blanco,gris)/0.5, (azul,negro)/0.8, (azul,blanco)/0.2\}$. Aquí se indica que el negro es similar a gris en un grado de 0.5, mientras que el azul es similar a gris en un grado de 0.7. Estos comparadores son definidos en SQLf con las sentencias (Rodríguez y Tineo 2009):

```
CREATE FUZZY COMPARATOR cercano ON
-30..30 AS (x - y) IN (-20, -1, 1, 20);
```

```

CREATE FUZZY COMPARATOR
alrededorDe ON 30..200 AS (x - y) IN (-20, -1,
1, 20);
CREATE FUZZY COMPARATOR almenos
ON 150..300 AS min(1,x/y) IN (-20, -1, 1, 20);
CREATE FUZZY COMPARATOR similar ON
color AS (x, y) IN {
(negro,gris)/0.5,(azul,gris)/0.7, (blanco,gris)/0.5,
(azul,negro)/0.8, (azul,blanco)/0.2};

```

Los **conectores** (Rodríguez y Tineo, 2009) son operadores lógicos que puede definir el usuario, para combinar dos condiciones difusas. Por ejemplo, la negación, la conjunción y la disyunción clásicas se pueden extender de forma difusa, preservando su correspondencia con los operadores de conjunto: complemento, intersección y unión. Así, el $x \Rightarrow y$ puede definirse con la expresión $\max(1 - x, y)$. La sentencia para definir este conector difuso en SQLf es (Rodríguez y Tineo, 2009):

```
CREATE FUZZY CONNECTOR implica AS
max(1 - X, Y);
```

Los **cuantificadores** (Rodríguez y Tineo, 2009) permiten describir cantidades difusas. Son representados por adverbios superlativos o cuantitativos, o también, con frases imprecisas que expresan cantidad. Los cuantificadores pueden definirse de forma absoluta o proporcional dependiendo de los valores facilitados. En ambos casos se usa la forma trapezoidal. Los cuantificadores clásicos existencial y universal, se mantienen como cuantificadores difusos. Por ejemplo, un cuantificador absoluto podría ser la frase *porLoMenos3* representado por la función trapezoidal $(3,8,\infty,\infty)$, mientras que un cuantificador relativo sería *muchos*, representado

por el trapecio $(0.75, 0.90, 1, 1)$. Estos cuantificadores se definen en SQLf con las siguientes sentencias (Rodríguez y Tineo 2009):

```

CREATE ABSOLUTE FUZZY QUANTIFIER
porLoMenos3 AS (3, 8, infinit, infinit);
CREATE RELATIVE QUANTIFIER muchos
AS (0.75, 0.90, 1, 1);

```

2.3. Formularios Web

Los formularios Web ofrecen una interfaz que permite a los usuarios interactuar con un sitio o página. Tienen muchos usos, funciones simples como casillas de búsqueda, suscripciones en listas de correos, libros de visitas o encuestas, así como sistemas de comercio en línea. Los formularios reúnen información del usuario a través de objetos, que no procesan datos, denominados controles Web, entre los más usados se encuentran:

1. Campos de **entrada de texto**, como se observa en la Figura 4. Sirven para introducir una sola palabra o una línea de texto, como el nombre; para la entrada de una contraseña, donde los caracteres quedan ocultos por asteriscos u otro carácter; para registrar direcciones de email; para introducir enlaces a recursos o sitios Web; y las áreas de texto multilínea, que es una casilla para entradas de texto deslizable con múltiples líneas.
2. **Casillas de verificación**, Figura 5(a). Son interruptores que pueden ser activados y desactivados por el usuario. En caso de preguntas de selección múltiple, donde son válidas varias respuestas, se pueden escoger al mismo tiempo varias casillas de verificación.

Nombre	<input type="text" value="José Labbad"/>
Contraseña	<input type="password" value="....."/>
E-mail	<input type="text" value="joseangellabbad@gmail.com"/>
Página inicio	<input type="text" value="http://www.google.com"/>
Texto multilinea	<p>Este control permite al usuario escribir texto de tamaño mayor que el campo de texto tradicional, permitiendo que el texto ocupe varias líneas.</p>

Figura 4. Controles Web para campos de entrada de texto

3. **Botón de opción**, Figura 5(b). Son otro tipo de interruptor que pueden activar y desactivar los usuarios. A diferencia de las casillas de verificación, cuando un grupo de botones de opción comparten el mismo

nombre de control sólo puede activarse un control al mismo tiempo y todos los demás quedan desactivados. Se utiliza cuando las opciones son exclusivas.

<input checked="" type="checkbox"/> Mayor de 18 años	<input checked="" type="radio"/> Masculino
<input type="checkbox"/> Estoy de acuerdo con los términos	<input type="radio"/> Femenino
(a)	(b)

Figura 5. Controles Web: (a) Casillas de Verificación y (b) Botón de opción

4. **Número**, Figura 6(a). Son campos de entrada que contienen un valor numérico en los cuales pueden aplicar restricciones.

5. **Rango**, Figura 6(b). Permite registrar valores que deben estar delimitados en un rango definido.

Edad (entre 0 y 120 años): <input type="text" value="15"/> <input type="button" value="▼"/>	Efectividad del estudiante: <input type="range" value="50"/>
(a)	(b)

Figura 6. Controles Web: (a) Número y (b) Rango

6. **Tiempo**, Figura 7. Diversos controles para indicar valores del tiempo como

fecha, mes, año, semana y hora específica del día.

Semana del año para tomar vacaciones: <input type="text" value="Semana 37, 2015"/> <input type="button" value="▼"/>
Graduación (fecha y hora): <input type="text" value="22-03-2012 02:00 p.m."/> <input type="button" value="▼"/>
Mes de graduación: <input type="text" value="abril de 2016"/> <input type="button" value="▼"/>
Cumpleaños: <input type="text" value="06-01-1989"/> <input type="button" value="▼"/>
Selecciona una hora: <input type="text" value="11:59 p.m."/> <input type="button" value="▼"/>

Figura 7. Controles Web para valores relacionados al Tiempo

7. **Menú desplegable**, Figura 8(a), donde sólo puede seleccionarse un elemento cada vez.
8. **Menú deslizante**, Figura 8(b), para que los usuarios seleccionen más de una opción de la lista.



Figura 8. Controles Web: (a) Menú deplegable y (b) Menú delizante

9. **Color**, Figura 9, que permite al usuario seleccionar un color de la escala RGB.

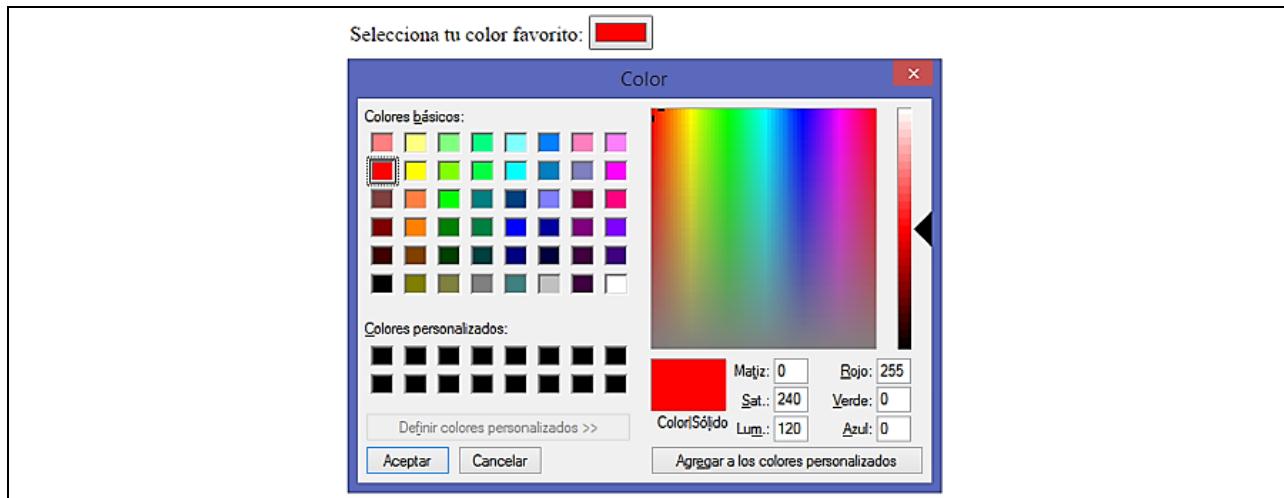


Figura 9. Control Web para selección de colores

3. Estudio de Opinión

El impacto de una función de búsqueda efectiva puede ser muy importante en comercio a través de aplicaciones Web. La mayoría de los clientes que visitan estos sitios saben lo que necesitan por lo que se dirigen directamente a la sección de búsqueda. Probablemente, esta sección es su primer contacto con el sitio Web, por lo que se debe asegurar que los usuarios no reciban resultados equivocados o mal clasificados, sino que realmente obtengan lo que están buscando. En caso contrario, el fracaso en su exploración

puede llevar a estos potenciales clientes a un sitio Web diferente.

Es común que esta situación ocurra cuando se hacen búsquedas precisas (Pivert y Bosc, 2012). En general, los formularios presentan controles Web que exigen entradas precisas, por ejemplo: valores exactos para campos como la edad, el precio, el día, la distancia, la temperatura, entre otros. Esta exigencia puede ocasionar que las respuestas a las búsquedas sean incorrectas, incompletas o insatisfactorias.

Con el fin de conocer la percepción de usuarios y programadores sobre esta deficiencia en los formularios Web, luego de conocer el fundamento teórico que sustenta el objetivo de incorporar términos difusos en las búsquedas realizadas a través de formularios Web, se plantea como siguiente paso realizar un estudio de opinión en torno a la pregunta de investigación: ¿Es factible y útil incorporar términos difusos dentro de los controles Web que están presentes en los formularios de búsqueda?

Es así como se propone utilizar una encuesta como mecanismo de recolección de datos relevantes para la investigación. El propósito de la encuesta era determinar si los usuarios de formularios Web estaban dispuestos a utilizar el lenguaje natural en la especificación de sus búsquedas, es decir, si deseaban mayor flexibilidad al plantear sus consultas en estos formularios. En esta encuesta no se plantearon aspectos de usabilidad. Por otro lado, se quería establecer si los programadores Web se inclinaban al uso de lógica difusa en el desarrollo de aplicaciones Web.

Para realizar la encuesta se siguieron las etapas planteadas por Landeau (2012): primero, establecer la naturaleza de la información que se requiere; segundo, precisar las características de la población estudiada; tercero, determinar cómo se aplicará el cuestionario; cuarto, especificar el tipo de pregunta adecuada; y quinto, definir el contenido de las preguntas. En la primera etapa se definieron las siguientes variables: edad, sexo, país de residencia, nivel educativo, si es programador Web, si usaría términos difusos en sus desarrollos, SGBD usados en sus desarrollos, si usaría lenguaje natural en las búsquedas Web, si ha tenido resultados fallidos en las búsquedas cuando el resultado si estaba en los datos (problemas con formularios Web).

Con relación a la población estudiada, estuvo formada por usuarios y programadores de aplicaciones Web. Esto sin importar la edad, sexo, nivel educativo o país de residencia. La encuesta fue contestada por 249 personas de 24 países diferentes, siendo en su mayoría de

Venezuela (182 personas) y Colombia (11 personas). Con el fin de conocer si la propuesta era interesante se consideraron sólo las respuestas de las 182 personas de Venezuela, por ser un número bien significativo y los datos homogéneos. De estos datos, el 57% correspondía a programadores Web, mientras que el 43% correspondía a usuarios generales que no son programadores.

El mecanismo utilizado para elaborar la encuesta fue a través de la herramienta de creación de formularios denominada Google Forms. Cada pregunta estaba asociada a una de las variables consideradas, y en las respuestas se colocaron los valores posibles definidos para cada variable. La encuesta iniciaba con una breve explicación de lo que significa trabajar con lógica difusa. Como se observa en las variables, algunas preguntas estaban dirigidas sólo a programadores Web y otras sólo a usuarios Web.

A los usuarios se les preguntó si estarían dispuestos a realizar búsquedas usando términos del lenguaje natural, resultando en un 95% de respuestas afirmativas. También se les preguntó a los usuarios si les había pasado que al realizar una búsqueda en un sitio Web inicialmente no encontraron lo que necesitaban, pero posteriormente se dieron cuenta que sí estaba. El 94% respondió afirmativamente. De esto se puede concluir que los formularios de búsqueda, en su mayoría presentan problemas para reflejar las preferencias de los usuarios.

A los programadores se les preguntó si estarían dispuestos a programar términos difusos, resultando en 90% de respuestas positivas. También se les preguntó a los programadores Web, cuáles eran los SGBD preferidos para desarrollar, a pesar de la existencia de nuevos gestores NO-SQL, el 90% prefieren usar SGBD basados en el lenguaje SQL.

Concluidas las etapas del diseño de la encuesta, y recolección de respuestas, se procedió a realizar un análisis descriptivo de los datos (Labbad, 2015), el cual permitió concluir que sólo era relevante tomar los datos de las personas venezolanas. Posteriormente, se realizó el análisis estadístico de los resultados

(Labbad, 2015), usando la herramienta estadística R, en la cual se cargaron los datos de las respuestas facilitadas por los encuestados venezolanos. Esta herramienta genera tablas ANOVA, que muestran la posible influencia de los factores o variables en las respuestas. En esas tablas ANOVA se observa la influencia de cada factor de manera individual, así como también la combinación de los diferentes factores, mostrando así la relevancia del factor en los datos. Las tablas no son incluidas en este trabajo por razones de espacio. Este análisis permitió concluir que el análisis descriptivo de los datos es independiente de los factores demográficos tales como la edad, el sexo y el nivel de educación de los encuestados.

RESULTADOS

Luego de recabar la documentación necesaria para establecer una propuesta que permita incorporar términos difusos a formularios de búsqueda en aplicaciones Web, así como también, la recolección de información a través de un estudio de opinión que permitió concluir que sería factible y útil plantear una propuesta en esta dirección, en esta sección se describe el resultado de la investigación.

En trabajos previos se han desarrollado aplicaciones que usan lógica difusa (Goncalves y Tineo, 2008; Aguilera *et al.*, 2013; Carrasquel *et al.*, 2014b; Cadenas *et al.*, 2017): encuestas sobre rendimiento educacional, herramienta Web para la evaluación del desempeño docente, sistema de promoción de personal, sistema para la compra y venta de vehículos, consultas difusas sobre los datos del Laboratorio de Marcha del Hospital Ortopédico Infantil, guía comercial de servicios, entre otros. Algunas han utilizado controles Web en las interfaces de usuario. Sin embargo, estos proyectos fueron concebidos para usar lógica difusa desde su diseño.

La presente propuesta metodológica se dirige a casos donde se quiere migrar una aplicación Web funcional concebida con términos precisos para que sea extendida con términos del lenguaje natural, lo cual implica el uso de lógica difusa. Los pasos a seguir se concentran en el análisis de los distintos controles Web presentados en la sección 3.3, proponiendo en cada uno de ellos las opciones de transformación:

1. **Controles Web precisos.** Existen controles Web con entradas precisas que no pueden ser transformados a difusos. Estos son los campos de entrada de textos con nombres, contraseñas, direcciones email, url y texto multilíneas. En particular, algunas entradas como contraseñas o texto multilínea no suelen ser usados en formularios de búsqueda. En estos casos, no se realiza ninguna transformación, sino que permanecen como precisos.
2. **Campos de entrada numéricos y etiquetas.** Si el campo de entrada es numérico, o admite como valores etiquetas, por ejemplo, el campo “color” cuyos valores sean las etiquetas del conjunto {amarillo, verde, rojo, azul, negro}, se le puede asociar un predicado difuso. Los predicados difusos son adjetivos representados como etiquetas asociadas al campo de entrada. Estos pueden ser incorporados a los formularios de búsqueda como controles Web del tipo menú desplegable o con casillas de verificación para múltiples selecciones. Por ejemplo, para el caso de la edad se pueden asociar las etiquetas *Joven*, *Adulto* y *Mayor*, como se observa en la Figura 8. Para el caso de los colores se pueden asociar etiquetas como *Claro*, *Pastel*, *Brillante*, *Oscuro*. Luego de escoger los adjetivos que serán usados como términos difusos dentro de los formularios de búsqueda, se procede a realizar sus definiciones en SQLf, tal como se describió en la sección 3.2.

FORMULARIOS WEB CON TÉRMINOS DIFUSOS

Labbad, J.; Rodríguez, R.; Tineo, L.

Edad:	<input type="text" value="26"/>	<input type="button" value="Joven"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Joven
		<input type="button" value="Joven"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Adulto
		<input type="button" value="Adulto"/>	<input type="checkbox"/> Mayor
		<input type="button" value="Mayor"/>	

Figura 8. Representación de la Edad con controles Web que involucran términos difusos

3. **Casillas de verificación y botones de opción con valores o rangos exactos.** En muchos formularios de búsqueda, existen controles Web del tipo casillas de verificación y botones de opción, cuyas opciones tienen valores o rangos rígidos que podrían ser flexibilizados al sustituirlos por términos del

lenguaje natural más convenientes para el usuario. Estos términos pueden ser adjetivos que serán definidos como predicados difusos. Por ejemplo, en la Figura 9, se muestran equivalencias de estos controles Web con rangos precisos, sustituidos por predicados difusos.

<input checked="" type="checkbox"/> Entre 19 y 29 años	<input checked="" type="checkbox"/> Joven	<input type="radio"/> Menos de Bs 400	<input type="radio"/> Barato
<input type="checkbox"/> Entre 30 y 49 años	<input checked="" type="checkbox"/> Adulto	<input type="radio"/> Menos de Bs 2.000	<input type="radio"/> Regular
<input checked="" type="checkbox"/> 50 o más años	<input type="checkbox"/> Mayor	<input type="radio"/> Más de Bs 2.000	<input type="radio"/> Caro

Figura 9. Casillas de verificación y botones de opción que usan términos difusos

4. **Menús desplegables y menús deslizantes con valores o rangos exactos.** En el caso de los menús desplegables aplica la misma conversión que se usa para los botones de opción, es decir, se sustituyen las opciones del menú por predicados difusos. De manera similar, en los menús deslizantes se aplica la misma conversión usada para las casillas de verificación.
5. **Casillas de verificación con múltiples opciones.** Dentro de los formularios de búsqueda, las casillas de verificación suelen aparecer en preguntas donde el usuario puede marcar varias opciones. En estos casos, es conveniente usar su equivalencia con cuantificadores difusos. Por ejemplo, en la Figura 10 se muestra una selección para escoger dentro de una red social los intereses noticiosos que serán materia de conversación

con otras personas de la red. Si los usuarios suelen escoger al menos 3 opciones, se puede incluir en el formulario Web un cuantificador difuso como *porLoMenos3*, con una definición en SQLf como la de la sección 3.2, el cual puede ser ofrecido al usuario con una casilla de verificación adicional. Al seleccionar esta casilla el usuario estaría indicando que la búsqueda no es exacta, con todas las opciones marcadas, sino que se espera una búsqueda difusa. La ventaja de usar lógica difusa en esta búsqueda, con respecto a la búsqueda precisa, es que las personas con mayor número intereses en común de los seleccionados, tendrán un grado de verdad más alto en los resultados de la consulta, y por lo tanto tendrán preferencia o prioridad sobre los otros.

<input type="checkbox"/> Internacional	
<input checked="" type="checkbox"/> Venezuela	
<input checked="" type="checkbox"/> Economía	
<input checked="" type="checkbox"/> Ciencia y Tecnología	<input checked="" type="checkbox"/> Únicamente usuarios con 3 o más preferencias en común
<input checked="" type="checkbox"/> Gente	
<input checked="" type="checkbox"/> Espectáculos	
<input checked="" type="checkbox"/> Deporte	
<input checked="" type="checkbox"/> Salud	

Figura 10. Uso de un cuantificador difuso para casillas de verificación con múltiples opciones

6. **Controles relacionados al tiempo.** En los formularios de búsqueda son muy comunes los controles donde se colocan valores referentes a fechas y horas exactas, sin embargo, las consultas rara vez requieren resultados precisos. El usuario desea en la mayoría de los casos respuestas aproximadas. Por esto es conveniente flexibilizar estos formularios con controles Web que permitan utilizar comparadores difusos, como *cercano* y *lejano*,

proporcionando así de búsquedas difusas, además de la opción para búsqueda precisa. Una definición del comparador difuso *cercano* fue realizada en la sección 3.2. En la Figura 11, se puede observar cómo proveer estos comparadores a través de casillas de verificación. Sin embargo, también se pueden usar botones de opción, menús desplegables y menús deslizantes según se desee.

Figura 11. Uso de comparadores difusos en controles relacionados al tiempo

7. **Controles Web tipo número.** Estos controles permiten elegir dentro una lista de valores numéricos, por lo cual se pueden usar predicados o comparadores difusos, según el tipo de búsqueda. En el caso de búsquedas para valores límites se pueden usar predicados difusos. En caso de búsquedas para valores aproximados se pueden definir comparadores difusos. Por ejemplo, en la Figura 12, se observa un formulario Web para la búsqueda de un vehículo por el valor de la velocidad máxima que éste posee. En este formulario se ha provisto de un menú desplegable, para filtrar la búsqueda por la

selección dentro de un conjunto de etiquetas (*Lento*, *Regular*, *Rápido*, *Muy Rápido*) definidas como predicados difusos. Asimismo, en lugar de un menú desplegable pueden usarse botones de opción. En esta figura también se observa como un campo de entrada para la altura de una persona puede flexibilizarse por la definición de un comparador difuso *alrededorDe*, representado con un control Web tipo rango, el cual indica de forma aproximada cuál es la distancia aceptada. La definición en SQLf de este comparador se realizó en la sección 3.2.

Figura 12. Representación de números con predicados y comparadores difusos

8. **Controles Web tipo rango.** Este tipo de controles Web pueden ser convertidos a una semántica similar pero flexible, a través de la definición de un comparador difuso que se asocia al control. Cuando el rango es

preciso, el valor seleccionado por el usuario correspondería al valor preciso a buscar. Mientras que el comparador difuso calcula el cociente entre el valor solicitado por el usuario, y el valor almacenado en la base de

datos para la entrada en cuestión. Si el valor almacenado en la base de datos es superior al esperado por el usuario, el grado de verdad es igual a 1. En caso de que sea inferior al esperado, el resultado del cociente sería el grado de verdad o resultado del comparador. De esta forma no se descartan las respuestas donde exista una diferencia menor con el valor dado por el usuario. Por ejemplo, en la Figura 13, se observa un control Web tipo rango que permite seleccionar la velocidad máxima de un vehículo. Internamente este rango está definido como el comparador difuso *al menos* presentado en la sección 3.2. Visualmente el usuario utilizará el mismo control Web, pero no serán excluidos resultados que pueden ser de su interés. Los resultados que no corresponden al valor exacto dado por el usuario simplemente no aparecerán de primeros en las respuestas y su grado de membresía asociado no será tan elevado.

9. **Controles Web tipo paleta de colores.** La funcionalidad de escoger colores parecidos puede resultar sumamente útil ya que existe una gran variedad de resultados posibles. Si un usuario desea encontrar un artículo de color azul, muy probablemente desea toda la gama posible de azules que existen en el comercio donde está buscando, proveer de esta funcionalidad bajo términos precisos puede resultar de alta complejidad. Es en caso como este, donde la lógica difusa

resulta muy útil. La propuesta es comparar dos colores usando la distancia euclíadiana entre ambos. Para ello, éstos se expresan en formato RGB donde la R representa el componente *Red*, la G representa el componente *Green* y la B representa el componente *Blue*, de un color. Si R1, G1 y B1 representan las componentes del color obtenido de la base de datos mientras que R2, G2 y B2 representan las componentes del color seleccionado por el usuario, la fórmula para calcular la distancia es $\sqrt{(R2-R1)^2 + (G2-G1)^2 + (B2-B1)^2}$. Usando esta distancia se puede definir un predicado difuso que permita evaluar lo cercano que es un color de otro. Dado que la distancia mínima entre dos colores es 0, cuando los dos colores son el mismo, y la máxima es la distancia entre el blanco y el negro, cuyo valor es 441,6729, se propone el siguiente predicado difuso: `CREATE FUZZY PREDICATE esParecido ON NUMBER AS (1 - (X / 441,6729)).` Visualmente el usuario seguirá utilizando el mismo tipo de control, al cual se le ha agregado la opción de búsquedas similares. Para agregar esta opción, al control Web presentado en la Figura 7, se le añaden botones de opción o un menú desplegable con las etiquetas *Parecido* y *Exacto*, las cuales son términos del lenguaje natural que representan el tipo de búsqueda que se quiere realizar: difusa o precisa.

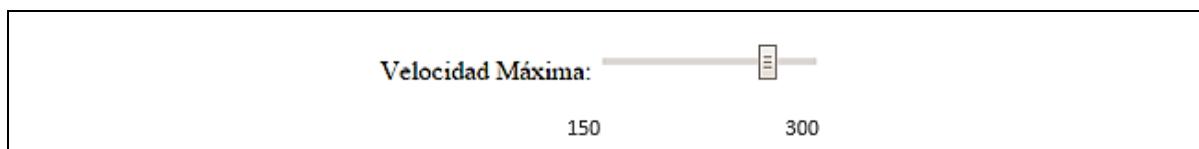


Figura 13. Control Web tipo rango que puede ser definido con un comparador difuso.

10. **Uso de modificadores difusos para intensificar la expresividad.** Los controles Web que han sido transformados con predicados difusos, se les puede definir modificadores difusos, que refuercen su significado. Esto aumenta la expresividad de las búsquedas. Los modificadores difusos pueden representarse con controles Web del

tipo casillas de verificación o botones de opción. Por ejemplo, las etiquetas *Muy* y *Extremadamente*, definidos como modificadores difusos en la sección 3.2 pueden usarse acompañando predicados como *Barato*, *Regular* y *Caro*, en un formulario de búsqueda filtrada por precio, tal como se observa en la figura 14.

<input type="checkbox"/> Muy	<input checked="" type="radio"/> Barato
<input checked="" type="checkbox"/> Extremadamente	<input type="radio"/> Regular
	<input type="radio"/> Caro

Figura 14. Uso de modificadores difusos en una búsqueda filtrada por precios

11. **Consultas difusas y calibración.** Una vez que se ha decidido los controles Web a ser transformados y los términos difusos a definir, se procede a especificar tales definiciones, tal como se describió en la sección 3.2. Posteriormente, es necesario modificar las consultas asociadas a estos formularios de búsqueda para que usen estos términos difusos. Las consultas difusas en SQLf (Bosc y Pivert, 1995; Goncalves y Tineo, 2008) son de la forma: `SELECT <atts> FROM <rels> WHERE <FuzzyCond> WITH CALIBRATION [n|α|n,α]`, siendo `<FuzzyCond>` la condición difusa donde aparecerán los términos difusos que fueron definidos. Por otro lado, la cláusula `WITH CALIBRATION [n|α|n,α]` permite calibrar en dicha consulta las respuestas admitidas, donde n representa un número de respuestas aceptadas (calibración cuantitativa) y $α$ el grado mínimo de membresía que deben satisfacer todas las respuestas (calibración cualitativa). Si se especifica, por ejemplo, `WITH CALIBRATION 0.5`, se indica que todos los elementos en el conjunto difuso resultante deben tener grado de membresía mayor o igual a 0.5. El grado de membresía aceptado puede representarse gráficamente a través de un control Web de tipo rango permitiendo que el usuario seleccione el grado mínimo de cumplimiento para las preferencias establecidas en la búsqueda. Algunos ejemplos de consultas difusas para los controles Web especificados en esta sección son los siguientes:

- Búsqueda por el campo edad usando el predicado *Joven* (ejemplo 8 y 9): `SELECT edad FROM Estudiante WHERE edad = Joven WITH CALIBRATION 0.25.`

- Búsqueda de intereses noticieros en común (ejemplo 10): `SELECT intereses FROM Persona P1, Persona P2 WHERE al menos3 P1.intereses = P2.intereses.`
- Búsqueda de semanas de vacaciones cercanas (ejemplo 11): `SELECT semanaVac FROM Persona P1, Persona P2 WHERE P1.semanaVac cercana P2.semanaVac.`
- Búsqueda por el campo precio usando el modificador difuso *muy* sobre el predicado *Barato* (ejemplo 14): `SELECT precio FROM Articulo WHERE precio = muy Barato.`

12. **Búsquedas con múltiples condiciones.** Cuando el formulario de búsqueda contiene varios ítems a considerar en las condiciones se utilizan conectores difusos. Un caso particular son los controles Web del tipo casillas de verificación y menús deslizantes, los cuales permiten la selección de múltiples opciones. Si estas opciones son etiquetas lingüísticas que representan predicados difusos entonces debe usarse un conector difuso. Si la semántica de la búsqueda requiere que se cumplan al menos una de ellas, se usa una disyunción difusa. Cuando se requiere que estén varias condiciones se utiliza una conjunción difusa. Por ejemplo, si se desea un vehículo con velocidad máxima *al menos* 150 y color *parecido a* verde, se especifica una consulta difusa como: `SELECT velocidad, color FROM Vehiculo WHERE velocidad al menos 200 AND color esParecido "verde".` En este caso el conector AND tiene una definición en lógica difusa, que es lo mismo que la intersección difusa.

13. *Consideraciones finales referentes a la interfaz.* Como ya se ha mencionado, existen controles Web cuya semántica es equivalente. Tal es el caso de los menús desplegables y botones de opción, así como de las casillas de verificación y menús deslizantes. La decisión de utilizar uno u otro se basa en opiniones de apariencia (como espacio, visualización de las opciones, entre otras) más que en la conveniencia técnica de dichos controles. La recomendación para estos casos es diseñar la solución en ambos controles Web para observar los contrastes, así como también, se sugiere emplear el mismo tipo de control original usado en las búsquedas precisas. Esto con el fin de minimizar el impacto de la adaptación de los usuarios, pues ya estaban acostumbrados a los formularios de búsqueda del sitio Web, y ahora deben adecuarse al uso de los nuevos términos difusos en dichos formularios.

CONCLUSIONES

En casi cualquier ámbito de la vida se pueden conseguir aplicaciones Web, las cuales usualmente están dotadas de formularios que permiten la realización de búsquedas para satisfacer requerimientos de los usuarios. De manera que resulta de gran interés el tratar con este tipo de formularios, particularmente, en este trabajo, se ha considerado su extensión para el uso de términos lingüísticos vagos.

En este artículo se han relacionado algunos de los varios trabajos previos que se han hecho en cuanto a la incorporación de lógica difusa en SQL y la consecuente extensión de SGBD. Como resultado de esos trabajos se cuenta con SGBD que proveen mayor expresividad para búsquedas basadas en preferencias del usuario, los cuales están disponibles para ser utilizadas libremente, pero no se ha masificado su uso en aplicaciones Web. También se han mostrado los pocos esfuerzos previos en el uso metodológico de la incorporación de SQL extendido difuso. Estos trabajos relacionados no habían tenido en cuenta la extensión de un formulario de

búsqueda Web existente para agregarle términos difusos.

Se expuso en este artículo un marco conceptual resumido de la investigación realizada que involucra la teoría de conjuntos difusos, los términos lingüísticos y los controles web. La teoría de conjuntos difusos es una herramienta para el tratamiento matemático y computacional de términos vagos del lenguaje natural, la cual da soporte a una lógica gradual, conocida como lógica difusa. Los términos en esa lógica son palabras del lenguaje natural, las cuales se clasifican en: predicados, modificadores, comparadores, conectores y cuantificadores. Por otro lado, los formularios Web permiten el uso de diferentes tipos de controles: campos de texto, casillas de verificación, botón de opción, números, rangos, ingreso de valores relacionados al tiempo, menú desplegable, menú deslizante y selector de colores. El trabajo aquí reportado incorpora términos difusos en estos controles, a fin de dar mayor flexibilidad a los formularios Web de búsqueda.

A los fines de validar la aceptación que tendría una extensión como la propuesta en este trabajo de investigación, se realizó un estudio de opinión realizado en esta investigación, sobre el requerimiento y factibilidad de usar términos difusos en búsquedas Web. Con base en esta encuesta, se puede concluir que los programadores Web tienen el deseo de utilizar herramientas de lógica difusa. Por otro lado, la encuesta deja ver que actualmente los usuarios de aplicaciones Web demandan mayor flexibilidad y adaptación a sus requisitos o preferencias. Más aún, en muchas oportunidades los usuarios quedan insatisfechos con los formularios de búsqueda presentes en aplicaciones Web debido a su rigidez. De manera que el estudio muestra tanto que los usuarios están deseando este tipo de términos en sus formularios de búsqueda Web, así como los programadores están dispuestos a incorporarlos en sus desarrollos. El soporte de SGBD para estos desarrollos serían los SGBD basados en SQL extendido mediante la aplicación de la teoría de conjuntos difusos. La encuesta muestra que, a pesar de la nueva tecnología NO-SQL, los

programadores prefieren actualmente el uso de SGBD basados en SQL. En este estudio no se incluyen aspectos relacionados a la usabilidad, dejándolos para un trabajo de investigación futuro cuando se tengan experiencias reales de la aplicación del mecanismo aquí presentado.

La principal contribución del trabajo reportado en este artículo es un mecanismo sistemático, que permite extender formularios de búsquedas existentes en aplicaciones Web, que no fueron concebidos originalmente con lógica difusa, para que permitan mayor flexibilidad a las búsquedas, facilitando la expresión de preferencias de usuarios al involucrar términos difusos. Se analizaron todos los tipos de los controles Web existentes, concluyendo que en la mayoría de ellos se puede incorporar términos difusos. Para cada uno de los tipos de controles, se explica cuál sería la forma de incorporar tales términos. Esto constituye una guía que puede ser usada por cualquier programador Web que quiera asumir el reto de flexibilizar las búsquedas en una aplicación Web existente, a fin de lograr mayor satisfacción del usuario.

Finalmente, se recomienda realizar la migración en diversos casos prácticos de aplicaciones Web existentes. Así como también, realizar análisis estadísticos sobre los beneficios obtenidos de los sitios Web migrados.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Aquél que nos da la sabiduría y fuerzas para seguir adelante, a quien no podemos modelar de forma usual, pues su poder, fuerza, justicia y bondad sobrepasan los límites de nuestro entendimiento: “No podemos comprender al Todopoderoso, pues él es inmensamente fuerte y justo; es recto y no opime a nadie” (Job 37:23).

REFERENCIAS

Aguilera A., Borjas L., Rodríguez R., Tineo L.; 2013. Experiences on fuzzy DBMS: Implementation and use, Actas de la XXXIX

Conferencia Latinoamericana en Informática, Naiguatá, Venezuela, 478-485.

Bosc P., Pivert O.; 1995. SQLf: A Relational Database Language for Fuzzy Querying, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 3(1): 1-17.

Cadenas J., Carrasquel S., Rocha D., Rodríguez R.; 2017. Sensibilización de una Aplicación a Múltiples Contextos sobre una Base de Datos Difusa, Universidad, Ciencia y Tecnología, 21 (82): 76-87.

Carrasquel S., Gyomrey A., Moreau S., Rodríguez R., Stornelli B., Timaury C., Tineo L.; 2014a. Extensión de MariaDB para ordenamiento y agrupamiento difuso, Novática, Revista de la Asociación de Técnicos de Informática, 229: 92-97.

Carrasquel S., Rodríguez R., Tineo L.; 2014b. Una Aplicación de Consultas con Orden y Agrupamiento basado en Atributos Difusos Tipo 3, Actas del III Simposio Científico y Tecnológico en Computación (SCTC 2014), Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 135-143.

Ciancio A.; 2017. Sistemas y lenguajes de programación más demandados en 2017. universia. Consultado en <http://noticias.universia.es/ciencia-tecnologia/noticia/2017/05/30/1152832/sistemas-lenguajes-programacion-demandados-2017.html>. Fecha de consulta: diciembre 2017.

Galindo J.; 2008. FSQL (Fuzzy SQL) A Fuzzy Query Language. Universidad de Málaga. Málaga, España. Consultado en <http://www.lcc.uma.es/~ppgg/FSQL/>. Fecha de consulta: marzo 2017.

Goncalves M., Rodríguez R., Tineo L.; 2012. Formal Method to Implement Fuzzy Requirements”. DYNA, Revista de la Facultad de Minas, 173(2): 15-24.

Goncalves M., Rodríguez R., Tineo L.; 2009. Incorporando Consultas Difusas en el Desarrollo de Software, Revista Avances en Sistemas e Informática, 6(2): 87-101.

Goncalves M., Tineo L.; 2008. SQLfi y Sus Aplicaciones. Revista Avances en Sistemas e Informática. 5(2): 33-40.

- ISO/IEC. 2011. Information technology — Database languages — SQL — Part 2: Foundation (SQL/Foundation), ISO/IEC 9075-2:2011 (en).
- Lai E.; 2009. No To SQL? Anti-database movement gains steam". Computerworld. Consultado en http://www.computerworld.com/s/article/9135086/No_to_SQL_Anti_database_movement_gains_steam.html. Fecha de consulta: marzo 2017.
- Labbad, J.; 2015. Metodología para Incorporar Lógica Difusa a Formularios Web. Trabajo de Grado de la Maestría en Gerencia de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas.
- Landreau, R.; 2012. Metodología y Nuevas Tecnologías. Editorial Alfa. Colección Trópicos / Educación. Caracas.
- Pivert O., Bosc P.; 2012. Fuzzy Preference Queries to Relational Databases, First Edition, Londres, Imperial College Press.
- Rodríguez R., Tineo L.; 2009. Elementos Gramaticales y Características que Determinan Aplicaciones con Requerimientos Difusos. Revista Tekhné. 12: 50-64.
- Yan L., Ma Z. M.; 2014. Modeling fuzzy information in fuzzy extended entity-relationship model and fuzzy relational databases, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 27(4):1881–1896.
- Zadeh L. A.; 1965. Fuzzy Sets. Information Control, 8(3): 338-353.
- Zadeh L. A.; 2015. Fuzzy logic - a personal perspective. Fuzzy Sets and Systems, 281:4-20.

INDUSTRIAL

CONTROL DIFUSO EMBEBIDO PARA CULTIVO PROTEGIDO

EMBEDDED DIFFUSE CONTROL FOR PROTECTED CROP

Autores:

Molina, Alberto; Andrickson M., José; Pabon, María T.

Laboratorio de Instrumentación, Control y Automatización,
Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental
del Táchira. San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela

Corresponding Author: andrick@unet.edu.ve

RESUMEN

Este artículo presenta una perspectiva del control difuso como sistema inteligente caracterizado por el uso de conocimiento especializado en la estrategia de control y monitoreo de variables internas de microclima de cultivos protegidos. Considerando el proceso de hidroponía un sistema complejo con multiplicidad de entradas, se dará solución al problema a través del uso de herramientas como ARDUINO, sistemas de supervisión Web, y lógica difusa.

ABSTRACT

This article presents a perspective of fuzzy control as an intelligent system characterized by the use of specialized knowledge in the control and monitoring strategy of internal microclimate variables of protected crops. Considering the hydroponics process a complex system with multiple inputs, the problem will be solved through the use of tools such as ARDUINO, web monitoring systems, and fuzzy logic.

Palabras clave: Cultivo Protegido, Lógica Difusa,
Hidroponía, HMI, ARDUINO, Sistemas Embebidos.

Key words: Protected Cultivation, Fuzzy Logic,
Hydroponics, HMI, ARDUINO, Embedded Systems.

INTRODUCCIÓN

El control difuso ha sido un nuevo paradigma de control automático desde la introducción de los conjuntos difusos por L. A. Zadeh (1971), en el cual establece que “a medida que aumenta la complejidad las declaraciones precisas pierden significado y precisión, por lo tanto el control difuso es una herramienta que hace frente al desafío de la complejidad de los procesos y su control”. Con base en lo anterior, los sistemas de control difuso se consideran sistemas de control no lineales descrito por reglas lingüísticas implementado con estrategias de un experto humano.

En esta investigación somete a prueba los paradigmas de la lógica difusa, que es un controlador inteligente DYNA (2002), aplicado al control de proceso complejo, como el cultivo protegido. Los sistemas de control difusos son una herramienta excelente para automatizar procesos que poseen una complejidad apreciable y puedan ser manejados por reglas lingüísticas predefinidas.

El control difuso permite evaluar variables, simulando el conocimiento humano, relacionando las entradas y salidas en base a reglas preestablecidas y permitiendo que un sistema pueda ser más estable y confiable. Con base en lo anterior, podemos establecer que el control difuso es una forma de control inteligente caracterizado por el uso de conocimientos especializados sobre la estrategia de control y/o el comportamiento de la planta controlada.

Esta investigación pretende probar el paradigma de la lógica difusa aplicada al control de proceso de cultivo protegido, y así determinar si esta estrategia actúa de manera eficiente ante procesos

de múltiples entradas y salidas, tomando como referencia parámetros establecidos por expertos en el área.

Para el desarrollo de esta propuesta se utilizan herramientas de hardware de bajo costo y software libre disponibles en el mercado local basados en tecnología ARDUINO, con lo cual se desarrolló un sistema de monitoreo de las variables del proceso utilizando tecnología WIFI, lo cual aporta un medio de transmisión confiable e inalámbrico. Además, se realizaron pruebas computacionales y ensayos reales que permitan validar el funcionamiento del sistema de control.

Cultivos Protegidos Hidropónicos

Existen diversas formas de cultivos protegidos, entre ellos los de hidropónicos (sustrato sólido o en el aire), los que se caracterizan por encontrarse en un ambiente controlado y con el uso de un medio líquido. Este trabajo desarrolló la automatización de un cultivo basado en la aeroponía, por lo que una solución nutritiva rica en minerales y sales es proporcionada con un rociador de forma precalculada por el controlador difuso.

El cultivo en hidroponía, ver Figura 1, es una modalidad en el cultivo sin suelo, el cual es un cultivo protegido como lo define en Alejandro et al (2008). Mediante esta técnica se producen plantas de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vista las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicar o más los cultivos en suelo. La automatización ha permitido la introducción de los avances de la informática en el control y ejecución de actividades en cultivos hidropónicos.

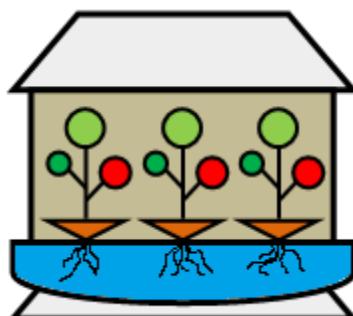


Figura 1. Cultivo Protegido Utilizando Hidroponía.

Controlador Difusa Dentro de Cultivo Protegido.

La lógica difusa es una rama de la inteligencia artificial que permite a una computadora analizar información del mundo real en una escala entre lo falso y verdadero. Los matemáticos dedicados a la lógica en la década de 1920 definieron un concepto clave “todo es cuestión de grado”, donde la lógica difusa manipula conceptos vagos como caliente o húmedo, y permite a los ingenieros construir dispositivos que juzgan información difícil de definir, como lo plantea Ponce Cruz (2010).

Según Ross (2004), en la teoría de conjuntos clásicos la transición de un elemento en el universo entre la pertenencia y no pertenencia de un conjunto dado es abrupta y bien definida, pero en un universo que contiene los conjuntos difusos, esta transición puede ser gradual, y la transición entre los grados de pertenencia se puede considerar conforme a los límites de los conjuntos difusos (vagos o ambiguos).

Un controlador difuso está compuesto de cuatro partes principales: interfaz de fusificación, base de conocimientos, lógica de decisiones e interfaz de defusificación, las cuales se detallan en la Figura 2.

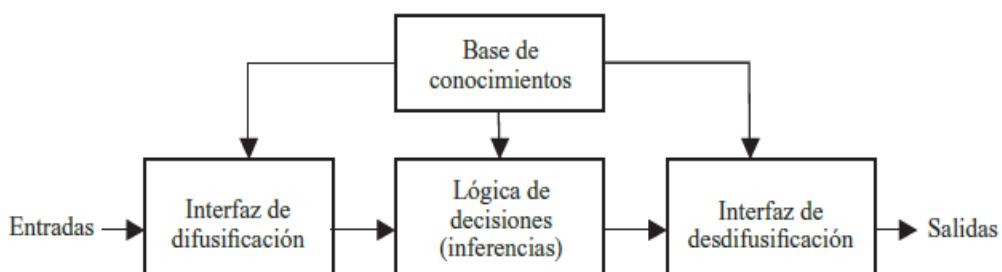


Figura 2. Estructura de un Controlador Difuso

La interfaz de fusificación mide los valores de las variables de entrada y realiza un mapeo a un universo difuso, ésta convierte los datos en valores lingüísticos o etiquetas de las funciones de pertenencia.

Una variable lingüística en general se asocia a un conjunto de términos, definido en el mismo universo de discurso. Para encontrar cuántos términos son necesarios en un conjunto se emplean particiones difusas. El número de conjuntos difusos determina la complejidad del controlador.

La base de conocimientos contiene toda la información de la aplicación de control, así como las metas del controlador. Consta de una base de datos y una base de reglas lingüísticas para controlar la variable. La base de datos proporciona las definiciones para el establecimiento de reglas y la manipulación de datos difusos, y la base de reglas caracteriza las metas de control y la política de los expertos para llevar a cabo el control empleando proposiciones. Un algoritmo de control difuso debe ser capaz de inferir una acción de control correspondiente para cada estado del proceso a controlar.

El proceso de inferencia generalmente incluye dos pasos: Primero, las premisas de todas las reglas son comparadas con las entradas del controlador a fin de determinar cuáles reglas se aplican a la situación actual. Segundo, las conclusiones (acción de control tomar) se determinan usando las reglas activas y se caracterizan mediante conjuntos difusos que representan el grado de certeza con el que la entrada al proceso debe tomar determinados valores de salida.

Por último, la interfaz de defusificación se encarga del mapeo a escala que convierte el rango de valores de las variables de salida a sus universos de discurso correspondientes. La defusificación es la herramienta para obtener la acción de control nítida a partir de una acción de control difusa.

Estas etapas que conforman la estructura de un controlador difuso se emplean para poder aplicar los fundamentos de los conjuntos difusos y todos sus beneficios orientados al control de procesos, en los cuales, resultaría inconveniente aplicar métodos de control convencionales por su complejidad.

Tecnología de Implementación.

Este trabajo presenta la automatización en el sistema de cultivo en términos de monitoreo remoto y control utilizando un sistema embebido Linux, (OpenWRT, 2016). Nuestro sistema toma en consideración la humedad y temperatura. Este sistema proporciona una interfaz web al usuario para que pueda monitorear el sistema de forma remota. Con el fin de controlar el riego por hidroponía, se propone un enfoque para la recolección de datos de entorno y el envío de control de mando para encender / apagar el

riego sistema. En este artículo, el Router D-Link DIR-505 se utiliza como un sistema embebido de Linux que hace la comunicación con el sensor de humedad y temperatura. El NodeMCU se utiliza para monitorear los parámetros ambientales de temperatura y humedad utilizando el sensor DHT11. Sobre la base de estos, el agua se suministra a los cultivos según el requisito. Así, el consumo de agua se reducirá dando agua uniforme al cultivo resultando en un aumento del rendimiento.

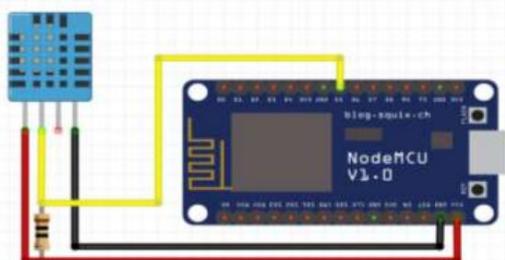


Figura 3. NodeMCU con sensor de humedad t Temperatura DHT11

El módulo ESP8266 ofrece una solución completa y autónoma de las redes Wifi que puede ser utilizado como sede de la aplicación o para descargar funciones de red Wifi de otro procesador de aplicaciones. Cuando ESP8266 aloja la aplicación, se arranca directamente desde una memoria flash externa. Internamente ha integrado una memoria caché para mejorar el rendimiento del sistema en tales aplicaciones.

Además, permite utilizar una amplia gama de protocolos de comunicación como TCP/IP, UDP y MODBUS que le facilita acoplarse a diferentes aplicaciones de monitoreo y sistemas SCADA.

MÉTODO

A continuación, se explicará específicamente las diferentes etapas, fases y métodos necesarios para el desarrollo del sistema de control de cultivo hidropónico haciendo uso de sistema de lógica difusa.

2.1 Primera Etapa: Estudio del Sistema.

Esta etapa realiza el estudio sobre los procesos de control por lógica difusa y adquisición de datos remota en base a la herramienta ARDUINO.

Esta etapa representó el punto de partida sobre las herramientas y opciones que ofrece la tecnología ARDUINO en materia de control de

procesos aplicando lógica difusa y adquisición de datos en tiempo real. También se estudió el funcionamiento del protocolo de comunicaciones MODBUS ETHERNET aplicado en ARDUINO para transmisión de datos inalámbrico entre servidor y cliente. Para el desarrollo de esta etapa se siguieron las siguientes fases de investigación.

Fase 1: En esta fase de la investigación se indagaron todos los fundamentos teóricos pertinentes a la aplicación de la lógica difusa, antecedentes y trabajos anteriores referentes a esta estrategia de control aplicada a nivel regional, nacional e internacional. Además de investigar las diferentes variaciones utilizando lógica difusa con las herramientas existentes en procesos de manejo de cultivo protegido.

Fase 2: Esta fase tuvo como objetivo analizar el funcionamiento de las reglas difusas aplicadas a procesos de control, así como también analizar las estrategias y condiciones favorables a los procesos internos existentes en los cultivos protegidos utilizando la herramienta ARDUINO. En el mismo sentido se estudiaron las opciones factibles para realizar procesos de control difusos eficientemente y sacar el máximo provecho de la herramienta.

Fase 3: Se indagaron las diferentes bases teóricas y estrategias necesarias para realizar procesos de

adquisición de datos con la herramienta ARDUINO con el fin de medir las variables de interés en el ambiente interno del cultivo protegido. Además, se estudiaron los conceptos necesarios para la implementación del protocolo de comunicación industrial MODBUS ETHERNET como mecanismo para transmitir los datos a un servidor de monitoreo remoto.

2.2 Segunda Etapa: Desarrollo del sistema de control difuso sobre el cultivo protegido.

Se realizó un proceso de documentación sobre el cultivo protegido seleccionado para las pruebas experimentales (Aeroponía de Semillas de Papa) aplicados en condiciones existentes en el Laboratorio de Biofertilizantes de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Se estudiaron los requerimientos de los parámetros internos de la Aeroponía que permiten el correcto desarrollo de las semillas de la papa y los mecanismos que existen para controlarlos de manera efectiva.

Este estudio se realizó con la finalidad de entender más a fondo el proceso que se va a controlar a través de la lógica difusa y de esta manera poder desarrollar un control eficiente y de acuerdo a las necesidades específicas del proceso. Finalmente, aplicando los conocimientos y avances adquiridos en la fase documental, se concibió el desarrollo del hardware y software a implementar para realizar el proceso de control en sitio. Las fases que componen esta etapa son las siguientes.

Fase 1: Se investigan los aspectos teóricos y fundamentos explícitos pertinentes al funcionamiento de la aeroponía aplicada al cultivo de semillas de papa y los diferentes sistemas de control automatizados basándose en lógica difusa sobre las variables internas de interés el cultivo.

Fase 2: Se realizó entrevista en el área de producción (Ing. Sonia Linares, docente en la Universidad Nacional Experimental del Táchira), encargada del desarrollo de la Aeroponía sobre semillas de papa en el umbráculo del Laboratorio de Biofertilizantes, quien aportó su experiencia para la fase de documentación. A su vez, estas entrevistas permitieron establecer las reglas base de conocimientos que fundamentaron las decisiones tomadas por la lógica difusa en el sistema de control.

Fase 3: Aplicando los conocimientos y avances adquiridos en las dos fases anteriores, se concibió el desarrollo de la circuitería a implementar para realizar el controlador y del firmware o programación de la herramienta ARDUINO, tomando todos los valores de las variables externas y aplicando las respuestas de control adecuada a cada caso según los paradigmas de la lógica difusa. Se implementó la aplicación del sistema de control y comunicación inalámbrica entre el controlador y un servidor remoto que monitorea el comportamiento del sistema en tiempo real.

2.3 Tercera Etapa: Análisis y Funcionamiento del Sistema.

Se aplicó el sistema de control difuso sobre las instalaciones del umbráculo destinadas a la Aeroponía para evaluar su rendimiento. Se desplegaron todas las variables de entrada y salida del sistema de control en un HMI (Interfaz Humano Maquina) remoto conectado inalámbricamente a través del protocolo industrial MODBUS ETHERNET. En esta etapa se observó la respuesta del sistema ante los cambios de las variables de entrada y se compararon a las respuestas ideales fijadas por el experto. Las fases correspondientes a esta etapa fueron las siguientes.

Fase 1: Se desarrolló la interfaz humano máquina (HMI) que permitió utilizar el protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP para desplegar y visualizar los datos del proceso controlado, transmitidos por el sistema de control difuso, en un servidor web remoto.

Fase 2: Se realizó la instalación del sistema de control sobre un cultivo de papa en aeroponía (Laboratorio de Biofertilizantes UNET), probando el funcionamiento del mismo.

Fase 3: Se desplegaron los datos obtenidos de la prueba en el HMI y se analizó el comportamiento del sistema aplicado al cultivo de aeroponía. Esto con el objetivo de determinar si la respuesta del sistema de control era óptima a las exigencias del experto, y de esta manera, analizar el desempeño del sistema de control difuso aplicado con tecnología ARDUINO.

RESULTADOS

En este apartado se explican los aspectos involucrados en el desarrollo y ejecución del sistema de control difuso implementado en cultivos protegidos. Además de las etapas de

elaboración de la circuitería, firmware o programación del dispositivo de control y la interfaz humano-máquina de monitoreo y adquisición de datos en tiempo real. Las diferentes etapas del sistema se presentan en la Figura 4.

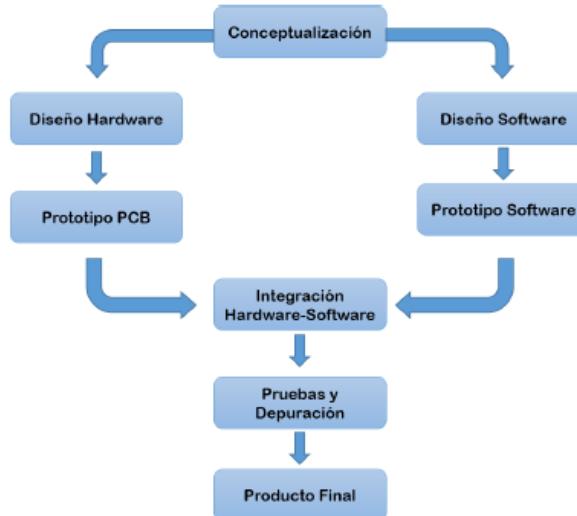


Figura 4. Fase de Desarrollo del Controlador Difuso para Cultivo Protegido.

A continuación, se expondrán con detalle el desarrollo de todas las fases necesarias para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

3.1 Conceptualización del Diseño.

Tomando como referencia las características del cultivo protegido seleccionado para las pruebas y basados en investigación documental, se realizó la fase de diseño y análisis de las condiciones de operación, además de la proyección de los requerimientos de sistema y demás exigencias implícitas del controlador para el sistema de aeroponía. De donde se determinaron las diferentes

herramientas de hardware y estrategias de programación que se aplicarían en etapas posteriores del diseño.

El sistema de aeroponía de semillas de papa, es un cultivo en un entorno aéreo, en el que sus raíces cuelgan desprovistas de cualquier sustrato o suelo en un ambiente protegido, y la planta es alimentada con soluciones nutritivas que rocían directamente en sus raíces. Las características que debe presentar el controlador para ajustarse a esta aplicación, así como las exigencias físicas a la cual estaría sometido se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Características del Sistema de Aeroponía

Características del Sistema	
VARIABLES FÍSICAS	Humedad Relativa y Temperatura interna del Cofre
CONDICIONES IDEALES	Humedad Relativa mayor a 90% y Temperatura menor a 20°C
TIPO DE RIEGO	Nebulización
ACCIONAMIENTO DE RIEGO	Bomba de agua de 0.5 HP-110V
FACTORES INFLUYENTES EN EL RIEGO	Frecuencia y Tiempo de Riego
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN DISPONIBLE	110 V
CONDICIONES TÉRMICAS Y AMBIENTALES	Instalaciones con Umbráculo con Condiciones Promedio a 25°C y Protección Externa

3.2 Diseño de Hardware.

El hardware del controlador difuso está compuesto por varias etapas o bloques funcionales interconectados que cumplen funciones específicas. En la Figura 5, puede

observarse una vista general de la circuitería implementada necesaria para controlar y monitorear el proceso seleccionado. La base del desarrollo se fundamenta en el NodeMCU.

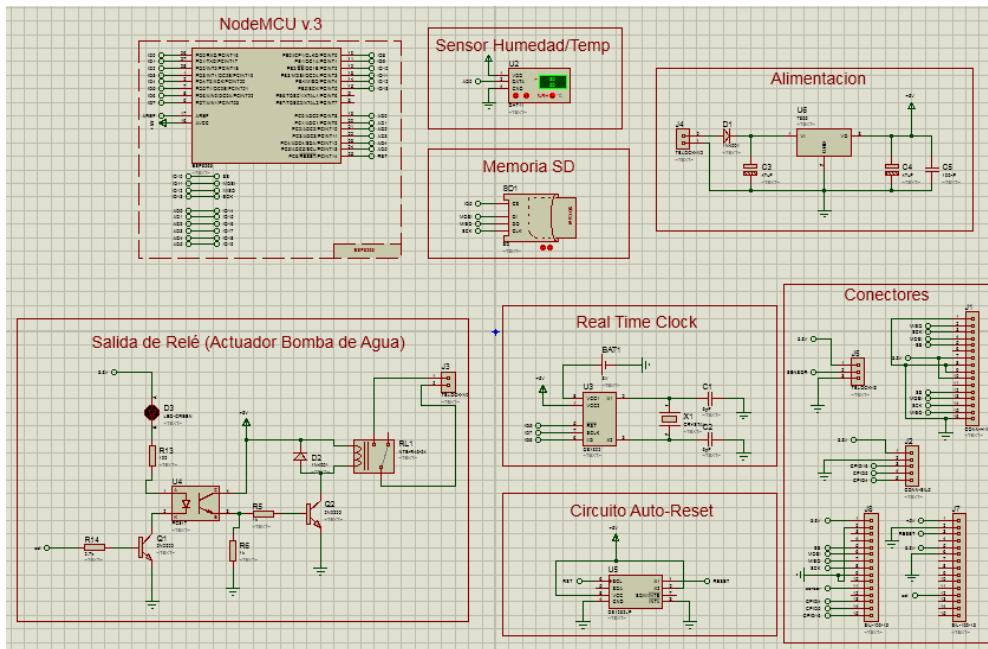


Figura 5. Diagrama de Desarrollo del Controlador Difuso.

El NodeMCU es un kit de desarrollo de código abierto basado en el chip ESP8266 (ESP-12E), que utiliza el lenguaje de programación Lua o Arduino para crear un ambiente de desarrollo ideal para aplicaciones que requieran conectividad Wifi de manera rápida. El ESP8266 es un chip integrado que permite alojar aplicaciones como servidor o permite funcionar como puente entre el microcontrolador y una conexión web.

3.3 Diseño de Software.

Para realizar la programación del controlador se utilizó el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de ARDUINO como software compilador de las instrucciones, aplicando una forma de lenguaje de programación basado en Wiring y lenguaje C. El microcontrolador de la placa de desarrollo NodeMCU se programa a través de un computador usando comunicación serial universal USB.

En el controlador se cargaron las librerías necesarias para ejecutar las tareas descritas para

el controlador difuso. Las principales librerías son: la configuración de la conexión inalámbrica por WIFI; comunicación MODBUS ETHERNET para el envío de los datos al servidor remoto; configuración de los módulos Reloj de Tiempo Real (RTC) y almacenamiento en memoria (SD); configuración del sensor detector de humedad y temperatura (DHT11); y las librerías necesarias para la aplicación de la lógica difusa en el controlador.

3.4 Lógica Difusa en el Controlador.

Para la aplicación del principio matemático de la lógica difusa en la programación del controlador, fue necesario utilizar una serie de procedimientos, métodos y herramientas de software específicos, dado que un controlador difuso realiza diferentes cálculos para inferir la mejor acción de control a ejecutar de acuerdo a las variables de entrada de referencia Delgado y Bojórquez (2014).

Para esto, es necesario definir las variables de entrada del controlador difuso, sus niveles de

pertenencia y funciones de membresía correspondientes. Estos niveles y funciones de membresía son los parámetros que el controlador utiliza como punto de partida para realizar los cálculos de correlación inherentes a la aplicación de los principios de la lógica difusa. En el caso particular de este diseño, se aplicaron funciones de membresía triangulares para los niveles de

pertenencia intermedios y funciones de membresía trapezoidales para los niveles de pertenencia en los extremos.

En las Figura 6 se muestran los niveles de pertenencia y funciones de membresía escogidos para la variable de entrada de Temperatura.

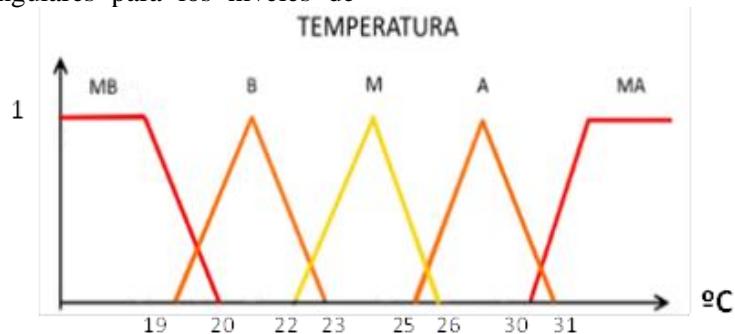


Figura 6. Función de Membresía y Niveles de Pertenencia de Temperatura.

En las Figura 7 se muestran los niveles de pertenencia y funciones de membresía escogidos para la variable de entrada de Humedad.

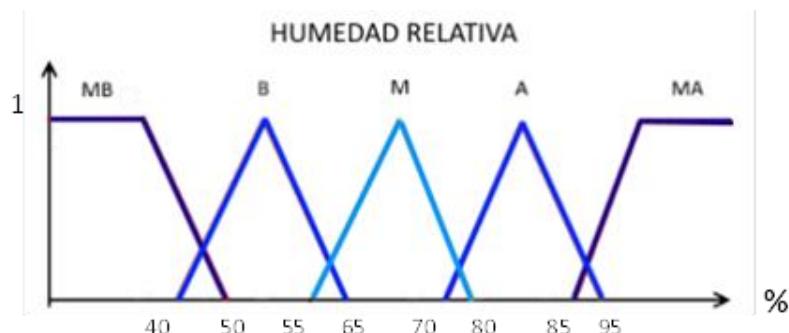


Figura 7. Función de Membresía y Niveles de Pertenencia de Humedad.

Los valores asignados a las funciones de membresía se seleccionaron de acuerdo a las indicaciones y asesoría de la experta en el área de aeroponía y encargada del laboratorio de Biofertilizantes, con la finalidad de lograr que la inferencia difusa posterior siguiera la tendencia de las decisiones que tomaría un experto en el área de aplicación.

Para el caso particular de esta investigación y tomando en cuenta los requerimientos del sistema de aeroponía de papa, se seleccionaron una serie de 25 reglas difusas consecuencia de la interacción entre los diferentes niveles de

pertenencia preestablecidos. A continuación se presenta la Tabla 2 en la se observan las diferentes reglas difusas establecidas en el diseño del controlador, según definición de la experta donde las etiquetas tienen el siguiente significado MB= Muy Bajo, B = Bajo, N= Normal, A= Alto, MA= Muy Alto, MBF= Muy Baja Frecuencia, BF= Baja frecuencia, FN= frecuencia Normal, MAF= Muy Alta Frecuencia, AF= Alta Frecuencia; y los Tx donde x está entre 1 y 6 son los Tiempo de Riego definidos en el sistema en la Figura 8.

Tabla 2. Matriz de Regla Difusa

		Humedad Relativa				
		MB	B	N	A	MA
Temperatura	MB	MBF y T3	MBF y T3	MBF y T3	MBF y T4	MBF y T6
	B	BF y T3	BF y T3	BF y T4	BF y T4	BF y T5
	N	FN y T3	BF y T3	BF y T4	BF y T4	BF y T5
	A	AF y T2	FN y T3	FN y T3	FN y T4	FN y T5
	MA	MAF y T1	MAF y T1	AF y T2	AF y T3	FN y T4

Se seleccionaron las variables manipuladas de salida del controlador difuso, las cuales se encargan de regular las condiciones ambientales del sistema de aeroponía para que permitan mantener a las variables de entrada en sus valores ideales. Las variables de salida seleccionadas fueron tiempo de riego (refiriéndose al tiempo en

el que permanece activa la nebulización de nutrientes calculada en segundos) y frecuencia de riego (tiempo en el que permanece inactiva la nebulización de nutrientes calculado en minutos).

La Figura 8. Presenta la Función de Membresía y Nivel de Pertenencia del Tiempo de Riego.



Figura 8. Función de Membresía y Nivel de Pertenencia del Tiempo de Riego.

La Figura 9. Presenta la Función de Membresía y Nivel de Pertenencia de la Frecuencia de Riego.



Figura 9. Función de Membresía y Nivel de Pertenencia de la Frecuencia de Riego.

Para introducir estas reglas difusas en el controlador NodeMCU se siguió la siguiente

sintaxis que se muestra en la Figura 10 en cada una de las respectivas reglas.

```
Programacion_NodeMCU
189
190 // Construyendo reglas difusas 1
191 FuzzyRuleAntecedent* iftempMBAndhumeMB = new FuzzyRuleAntecedent();
192 iftempMBAndhumeMB->joinWithAND(TMuyBaja, HMuyBaja);
193 FuzzyRuleConsequent* thenMBFandT3 = new FuzzyRuleConsequent();
194 thenMBFandT3->addOutput(MBF);
195 thenMBFandT3->addOutput(T3);
196
197
198 FuzzyRule* Regla1 = new FuzzyRule(1, iftempMBAndhumeMB, thenMBFandT3);
199 fuzzy->addFuzzyRule(Regla1);
200
```

Figura 10. Código de Introducción de Lógica Difusa en NodeMCU.

Configuradas las reglas difusas en el firmware del controlador, la última fase de cálculo difuso corresponde al proceso de fusificación y defusificación. Estos dos procesos permiten al microcontrolador desarrollar todo el cálculo matemático implicado en la inferencia de las decisiones tomadas por el controlador.

Las reglas difusas y las funciones de membresía están correlacionadas con las medidas de temperatura y humedad obtenidas por el sensor DHT11, de esta manera el proceso de fusificación y defusificación del controlador es capaz de calcular el tiempo y la frecuencia de riego que permite mantener las variables sus valores ideales.

La información del comportamiento del sistema y las variables relacionadas al cultivo protegido son almacenadas en una memoria SD y relacionadas al reloj de tiempo real (RTC), con lo cual se establece un histórico “DATALOG.CSV” de los datos de interés que son presentados en la interfaz gráfica.

3.5 Comunicación Modbus Ethernet del NodeMCU.

El proceso de monitoreo se basó en el protocolo Modbus Ethernet como gestor de la comunicación entre el controlador y el servidor remoto. El procesador ESP8266 del NodeMCU ofrece comunicación inalámbrica Wifi y es a través de este que se ejecuta el protocolo Modbus Ethernet, el cual se apoya en una serie de instrucciones de código en las librerías “modbus.h” y “modbus_esp8266.h”.

Entre las configuraciones del sistema se utilizó la instrucción “mb.config”, la cual permitió

configurar los parámetros de ISSD y contraseña de la red WIFI generada por un router D-Link DIR-505. El código “mb.Hreg” permite enviar un dato tipo “Holding Register” indicando la dirección que se asignó y la variable que se desea enviar. Las variables enviadas por el controlador hacia el servidor son: temperatura, humedad relativa, hora, minutos, segundos, día, mes año, bandera booleana que indica la activación de la bomba, conteo de tiempo restante de riego y conteo de tiempo restante de espera para siguiente riego.

3.6 Desarrollo de Interfaz Humano Máquina (HMI).

Una vez realizado el hardware del controlador y el código de programación que permite realizar las tareas de control difuso y transmisión de datos inalámbrica. Se procedió a realizar un interfaz digital web donde se despliegan los datos transmitidos por el controlador a los usuarios, lo cual permite monitorear en tiempo real el comportamiento del sistema.

Este proceso de comunicación posee tres componentes fundamentales, el emisor del mensaje, el canal o medio de transmisión y el receptor del mensaje. En la aplicación desarrollada, el controlador difuso instalado en la aeroponía actúa como emisor, adquiriendo los datos en tiempo real, ejecutando las labores de control difuso y transmitiendo los datos a través de una conexión Wifi preestablecida.

El canal implementado se basó en la red de conexión Wifi creada en el router D-link DIR-505, el cual posee un sistema operativo Linux embebido de licencia gratuita (OpenWRT), de alto desempeño como se establece en Ureña y

David (2015). Este sistema operativo de alto rendimiento permitió que el router sea configurado como servidor, al mismo tiempo que ejecutaba sus funciones de enrutador de red y receptor de los datos transmitidos por el NodeMCU.

El receptor, configurado dentro del router D-link DIR-505 como aplicación web, implementa la

interfaz humano-máquina. La aplicación, que es una página web, alojada en el servidor permite desplegar los datos transmitidos y observarlos en tiempo real, desde cualquier dispositivo con acceso a la red wifi generada por el router. En la Figura 11 se muestra el esquema del sistema en sus tres componentes.



Figura 11. Esquema de Conexión para el Monitoreo Remoto.

Debido a que el protocolo de comunicación Modbus Ethernet fue el implementado por el controlador para transmitir los datos, es preciso que el servidor web (router D-Link DIR-505) tuviese la capacidad de aplicar este mismo protocolo de comunicación para ser compatible con el transmisor. Por tal motivo, para otorgar la funcionalidad al servidor, se utilizó una herramienta de desarrollo gratuito basado en lenguaje de programación PHP llamada “phpmodbus”. Esta librería consiste en una serie de archivos que alojados en el servidor permiten realizar funciones de transmisión y recepción de datos aplicando el protocolo Modbus.

Para establecer correctamente la conexión es necesario indicar el número de IP asignado al controlador junto con el tipo de conexión en la que está trabajando. Para la aplicación desarrollada se configuró el router para que asignara la IP fija al NodeMCU de 192.168.1.195 y se seleccionó TCP como el tipo de conexión

debido a que el Modbus se basa en el protocolo TCP/IP la conexiones inalámbricas.

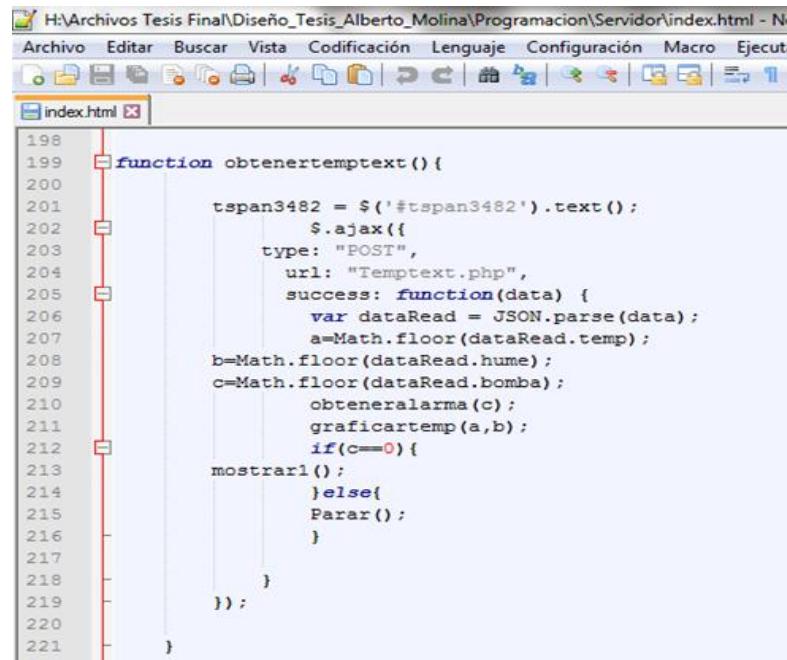
3.7 Desarrollo de la Interfaz Gráfica.

Basado en el lenguaje de programación HTML, se desarrolló una aplicación web compuesta por tres páginas concatenadas, cuya función principal es permitir al usuario final monitorear el proceso y todas sus variables de interés en tiempo real. Esta aplicación utiliza nociones del lenguaje CCS para la estilización de la página, lenguaje JavaScript para ejecutar las acciones de animación y actualización de los datos monitoreados; además de herramientas de apoyo para desarrollar la interfaz gráfica interactiva con archivos SVG.

Una muestra del código para recibir los datos se observa en la Figura 12. A través de una herramienta llamada AJAX, se ejecuta periódicamente el llamado del archivo Temptext.php, quien retorna los datos de las variables recibidas por el protocolo MODBUS.

CONTROL DIFUSO EMBEBIDO PARA CULTIVO PROTEGIDO

Molina, A.; Andrickson, J.; Pabón, M.



```
198
199     function obtenerertemtext(){
200
201         tspan3482 = $('#tspan3482').text();
202         $.ajax({
203             type: "POST",
204             url: "Temptext.php",
205             success: function(data) {
206                 var dataRead = JSON.parse(data);
207                 a=Math.floor(dataRead.temp);
208                 b=Math.floor(dataRead.humed);
209                 c=Math.floor(dataRead.bomba);
210                 obteneralarm(c);
211                 graficartemp(a,b);
212                 if(c==0){
213                     mostrar1();
214                 }else{
215                     Parar();
216                 }
217             }
218         });
219     }
220
221 }
```

Figura 12. Función de Recepción de Datos web.

Los datos recibidos son desplegados en los objetos gráficos correspondientes. La función “graficartemp” actualiza el valor recibido en la gráfica de termómetro para el caso de la temperatura y en el medidor de humedad en el caso de la humedad. Así mismo la función “HMI” muestra los valores numéricos de ambas variables en los objetos de texto creados para tal fin, además se actualizan la fecha y hora recibidas.

Finalmente se desarrolló la interfaz gráfica en la que se desplegarían los datos adquiridos por la

aplicación web. Esta interfaz se apoyó en el software INKSCAPE, para así crear los objetos gráficos de la página utilizando archivos SVG.

Estos objetos gráficos creados bajo la estructura de archivos SVG tienen la característica de ser imágenes de formato en lenguaje HTML sin necesidad de invocar imágenes JPG, PNG o de otro formato, haciendo la página ligera a pesar de utilizar una alta cantidad de recursos gráficos. En la Figura 13 se muestra la interfaz completa desarrollada.

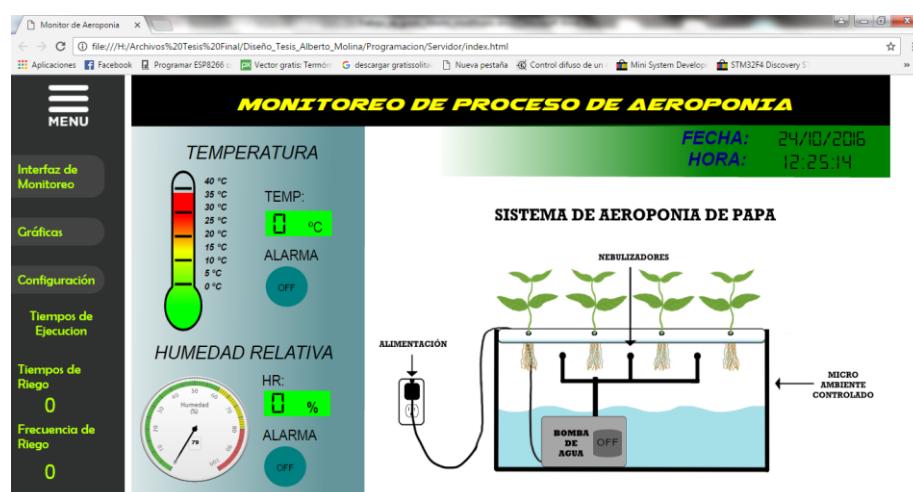
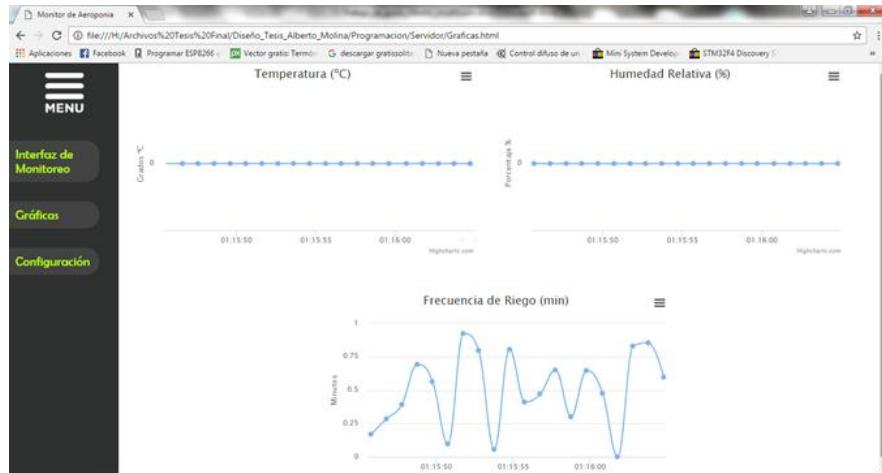


Figura 13. Interfaz Gráfico de Monitoreo.

Mientras en la Figura 14 se presenta la página de monitoreo remoto de manera gráfica en tendencia e



histórico.

Figura 14. Página de Monitoreo Grafico del Comportamiento del Sistema.

Con este desarrollo se concluye la etapa de diseño y producción del sistema de control difuso para cultivo protegido.

DISCUSIÓN

Con la finalidad de comprobar si el sistema efectivamente cumplía con todos los objetivos planteados en la investigación, se procedió a realizar el montaje del controlador en el sistema de aeroponía de papa en el laboratorio de Biofertilizantes. En este, se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema, quedando configurado con un tiempo de transmisión de

datos al servidor por parte del controlador en 5 segundos.

Los datos característicos de comportamiento del sistema de aeroponía se almacenaron por el controlador en la memoria SD (4 GB), con un total de 2400 filas que corresponden a un envío total de 24000 datos, lo cual incluye: fechas, horas, tiempo de riego, frecuencia de riego, temperatura, humedad y activación de bomba. Muestra de la data almacenada por el controlador se observar en la Figura 15.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Fecha	Hora	Tiempo de e	Tiempo de R	Frecuencia d	Humedad	Temperatura	
2	15/12/2016	9:42:53	2343201	37.83	24.07	88.00	20.54	
3	15/12/2016	9:43:23	2373326	37.83	24.07	85.00	20.54	
4	15/12/2016	9:43:53	2403373	37.83	24.07	85.00	20.54	
5	15/12/2016	9:44:23	2433589	37.83	24.07	88.00	20.54	
6	15/12/2016	9:44:54	2463824	37.83	24.07	90.00	20.54	
7	15/12/2016	9:45:24	2493939	37.83	24.07	90.00	19.44	
8	15/12/2016	9:45:54	2524456	37.83	24.07	90.00	20.54	
9	15/12/2016	9:46:24	2554622	37.83	24.07	90.00	19.44	
10	15/12/2016	9:46:54	2584728	37.83	24.07	90.00	19.44	
11	15/12/2016	9:47:25	2615058	37.83	24.07	90.00	19.47	
12	15/12/2016	9:47:55	2645333	37.83	24.07	90.00	19.44	
13	15/12/2016	9:48:25	2675585	37.83	24.07	90.00	19.44	
14	15/12/2016	9:48:56	2705787	37.83	24.07	90.00	20.41	
15	15/12/2016	9:49:26	2736009	37.83	24.07	90.00	20.54	
16	15/12/2016	9:49:56	2766243	37.83	24.07	90.00	20.75	
17	15/12/2016	9:50:27	2796772	37.83	24.07	91.00	19.44	
18	15/12/2016	9:50:57	2827167	37.83	24.07	91.00	19.44	
19	15/12/2016	9:51:27	2857264	37.83	24.07	91.00	20.67	
20	15/12/2016	9:51:57	2887434	37.83	24.07	91.00	19.44	
21	15/12/2016	9:52:27	2917576	37.83	24.07	91.00	20.54	
22	15/12/2016	9:52:58	2947724	37.83	24.07	91.00	20.57	
23	15/12/2016	9:53:28	2977784	37.83	24.07	91.00	20.54	
24	15/12/2016	9:53:58	3007809	37.83	24.07	91.00	20.54	
25	15/12/2016	9:54:28	3037847	37.83	24.07	91.00	20.54	

Figura 15. Archivo DATALOG.CSV Suministrado por el Controlador Difuso.

En cuanto al rendimiento del controlador y la aplicación de lógica difusa en relación a la temperatura y la humedad en valores ideales. Se observó, que el controlador efectivamente consiguió mantener las variables físicas en los valores señalados.

Como se observa en la Figura 16, a pesar que externamente la temperatura variaba entre los 23 °C y 35 °C en el transcurso del día, el sistema

logró mantener los valores internos de las raíces estables en valores cercanos a los preestablecidos. Acción que se puede corroborar en la gráfica de datos de temperatura suministrado por el controlador, se observa que efectivamente la temperatura permaneció estable en valores cercanos al ideal de 21 °C con una variación de +/- 1.5 °C.

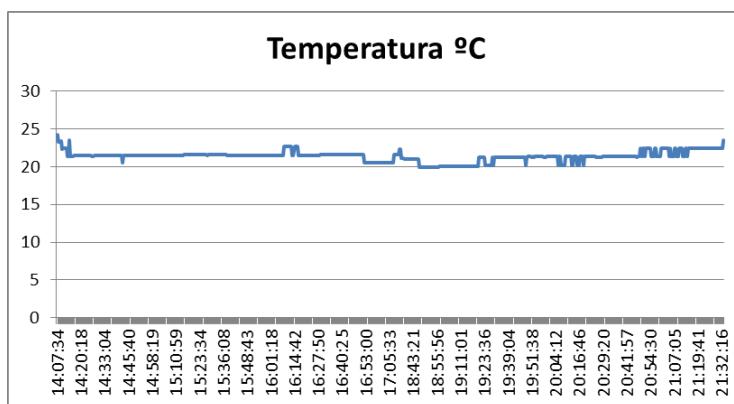


Figura 16. Comportamiento de la Temperatura con el Control Difuso.

En cuanto a la humedad relativa de la Figura 17, se observa que el sistema logró mantener un valor ideal en la data tomada desde las 2 pm hasta las 5:10 pm. Luego de ese periodo una situación externa generó un súbito cambio de

humedad relativa interna, pero se percibe como el controlador reaccionó ante ese cambio y logró aumentar la humedad con tendencia a alcanzar el punto ideal de 90%.

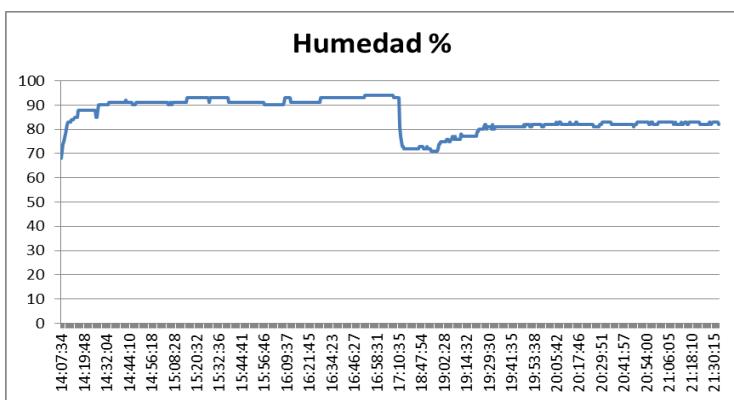


Figura 17. Comportamiento de la Humedad con el Control Difuso.

Analizando el comportamiento de las salidas del sistema, se comprobó que el controlador difuso aplicó correctamente los fundamentos matemáticos de la lógica difusa para calcular los tiempos de riego y frecuencias de riego idóneas para cada situación que se presentaba. En la Figura 18 se observa que la desde las 2 pm hasta

las 5:10 pm la frecuencia permaneció en el valor de mantenimiento necesario para obtener la temperatura y humedad deseada, luego de la perturbación en el cambio de humedad presentado, el sistema rápidamente recalcó un valor de frecuencia más alto correspondiente a la base de reglas difusas.

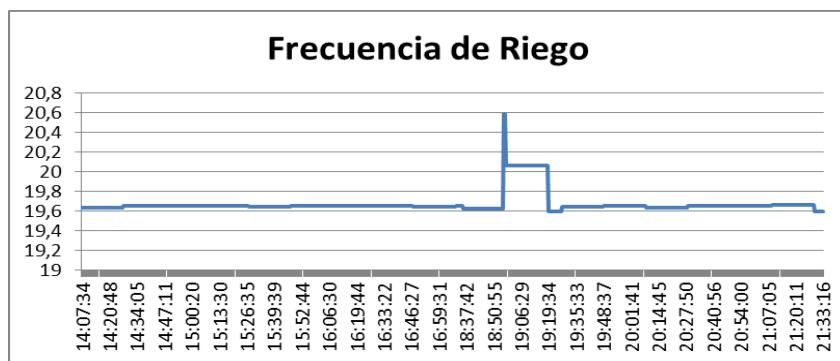


Figura 18. Comportamiento de la Frecuencia de Riego.

Finalmente, se observa el comportamiento de los tiempos de riego calculados, y se percibe como el controlador permanentemente calculaba valores correspondiente al valor de la temperatura y humedad con el fin de mantenerlas controladas. El pico de mayor tiempo calculado se observa a las 6 pm, el cual coincide con la reacción del controlador al súbito cambio de humedad presentado, gracias a esta reacción junto con el cambio en la frecuencia la humedad pudo volver a alcanzar valores cercanos a los ideales.

CONCLUSIONES

Se comprobó que el sistema de monitoreo funcionó de acuerdo a lo planificado en la etapa de diseño cumpliendo con los objetivos de la investigación, en este, el protocolo Modbus Ethernet aplicado por el controlador fue compatible con el servidor, por lo tanto, se lograron transmitir efectivamente datos por medio de la conexión con el router D-Link DIR-505 que es el servidor de datos web.

La aplicación del router D-Link DIR-505 permitió aligerar las labores de gestión de red en el NodeMCU y de esta manera aprovechar su capacidad de cómputo en la aplicación de la lógica difusa sin sobrecargar el microcontrolador.

La interfaz humano-máquina demostró ser una herramienta útil y versátil para realizar monitoreo remoto del sistema en tiempo real aplicando el protocolo industrial Modbus Ethernet. La aplicación respondió sin inconvenientes y desplegó todos los datos recibidos de manera interactiva y gráfica.

La comunicación con el módulo RTC, el guardado en la memoria SD y la adquisición de

datos realizada en campo funcionaron perfectamente. Los datos se guardaron cada 30 segundos resultando como consecuencia una data de más de 2 mil datos que se aplicó para analizar el rendimiento del controlador difuso.

El controlador efectivamente consiguió mantener las variables físicas de temperatura y humedad relativa en los valores ideales señalados aplicado en el sistema de aeroponía de papa ubicado en las instalaciones del Laboratorio de Biofertilizantes. De donde se comprobó que efectivamente el controlador difuso aplicó correctamente los fundamentos matemáticos de la lógica difusa para calcular los tiempos y frecuencias de riego idóneas en cada situación.

REFERENCIAS

- Carrillo Reveles D.A., Vázquez Minjares J.L., Villela Varela R., Beltrán Tellez A., Reyes Rivas C. y González Elías M.E. Control del clima de un invernadero. Revista Investigación Científica, 4(2):2008.
- Delgado, G., y Bojórquez Delgado, J. “Metodología para la implementación de sistemas difusos tipo mamdani en lenguajes de programación de propósito general”. Congreso Internacional En Ingeniería Electrónica, 36: 318–323, 2014.
- DYNA. *Control Inteligente*, DYNA, 77(3):14-18, 2002.
- OpenWRT. What is OpenWRT?. OpenWRT Wireless Freedom. Hppts:openwrt.org/. 2016.
- Ponce Cruz, P. *Inteligencia Artificial con aplicaciones a la ingeniería*, Primera Ed. Mexico D.F, Mexico: Grupo Editor Alfaomega. 2010.

- Ross, T. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, Tercera Ed. Nuevo Mexico, USA. 2004.
- Ureña, A. R., & David, J. "Evaluación de funcionamiento de sistemas operativos basados en kernel Linux embebidos en microcontroladores" Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal. 2015.
- Zadeh, L. A. *Similarity relations and fuzzy orderings*, *Inform. Sci.* 3:177–200, 1971.

Vol.
1
1987

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Efectos de tratamientos químicos y físicos en la germinación de kudzu tropical. (<i>Pueraria phaselooides</i> Benth)	3	Respuesta del Corocillo <i>Cyperus rotundus</i> L. a la aplicación directa de glicofosfato sobre tubérculo.	3
- Pérez, A.		- Pérez, L.	
Estudio de la <i>Fasciola hepatica</i> en el estado Táchira, Venezuela. Incidencia y prevalencias en la zona sur del estado Táchira.	14	<i>Culicoides</i> (Diptera: Ceratopogonidae) del estado Táchira, Venezuela. Parte I.	17
- Perruolo, G.; Perdomo, E. y Silva, J.		- Perruolo, G.	
Coleópteros Coprófagos y Necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) del estado Táchira, Venezuela.	20	Leguminosas que incrementan el valor nutritivo de algunos pastizales del estado Táchira.	21
- Havranek, D.		- Vera, A.	
Utilización de la Cachaza líquida preservada en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado.	23	Datos ecológicos para <i>Coloides castanea</i> (Coleoptera: Scarabaeidae: Hybosoridae).	31
- Bautista, O.		Catálogo de los Scarabaeidae (Coleoptera) Coprófagos y Necrófagos del estado Táchira, Venezuela Parte II.	39
Nuevo Tripanosoma de peces de agua cálidas en Venezuela. (<i>Protozoa kinetoplastida</i>).	32	- Blanco, J.	
- Perruolo, G.		Fraccionamiento del Azufre en algunos suelos pertenecientes al bosque seco montano bajo del estado Táchira, Venezuela.	49
Algunas consideraciones sobre Paja Cabezona o Maciega (<i>Paspalum virgatum</i> L.)	36	- Gamboa, J.; Chacón, L.; Gamboa, M.	
- Pérez, L.; Pacheco, J.		Adaptación e información en la abeja doméstica <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera: Apidae).	55
Catálogo de los Scarabaeidae (Coleoptera) Coprófagos y Necrófagos, del estado Táchira, Venezuela.	39	- Tapias, O.; Valderrama, N.	
- Blanco, J.		Eficiencia del riego de la caña de azúcar en el área Ureña - San Antonio.	65
Diseño y Construcción de un tubo de Calor.	47	- Torres, A. y Zambrano, L.	
- Nieto, O. y Salcedo, R.		Facilidad para la instalación de una planta productora de carbón activado.	77
Ánalisis experimental de esfuerzos en una cámara de combustión de combustible sólido.	54	- Torres, A. y Zambrano, L.	
- Bortone, C.		Algunos Scarabaeinae neotropicales nuevos o pocos conocidos.	85
Evaluación preliminar del factor "C" en la ecuación universal de pérdidas de suelo bajo diferentes prácticas de manejo en el cultivo del cafe.	67	- Martínez, A.	
- Useche, R. y Méndez, J.		Odanata del estado Táchira.	91
El Potasio en los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en el Valle de Ureña, Edo. Táchira.	76	- De Marmels, J.	
- Gamboa, J.; Núñez, J.; Gamboa, M.		Aplicación en edafología del paquete estadístico BMDP. 1: Transformación del Superfosfato triple en dos suelos del estado Táchira.	113
Estudio de la calidad de la miel de abeja comercializada en la Ciudad de San Cristóbal, Edo. Táchira, Venezuela.	82	- López, A.	
- Casanova, R.			

Vol.
3
1989

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Método heurístico para obtener soluciones básicas a los problemas de transporte en programación lineal.	5	Enfermedades parásitarias de las abejas <i>Apis mellifera</i> L. en el estado Táchira, Venezuela.	2
- Porras, R.		- Casanova, R. y Perruolo, G.	
Caracterización morfológica de algunas especies de <i>Algubo</i> , existentes en Maracay, estado Aragua. Venezuela.	15	Enfermedades parásitarias de las abejas <i>Apis mellifera</i> L. en el estado Táchira, Venezuela.	12
- Acevedo, R.		- Casanova, R. y Perruolo, G.	
Efecto de la materia orgánica en la solubilidad de la roca fosfórica.	19	Efecto residual a nivel de invernadero de tres rocas fosfóricas del estado Táchira, Venezuela, usando maíz (<i>Zea mays</i> L.) como planta indicadora.	29
- Reyes, I.; Gamboa, J.		- López, A.; Casanova, E.; Chacón, L.; Paz, M.; Guerrero, J.	
Prevalencia por Geohelmintos en escolares de San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela.	27	Sensibilidad artística y vocación.	49
- Molina, A.		- Mora, P.	
Manejo de un Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiencia.	35	Bionomía de la fauna Anophelica en Socopó, estado Barinas, Venezuela.	60
- Barbosa, C.		- Perruolo, G.; Briceño, J.; Briceño, R.; Carter, K.; Gascón, L.; Mazzarri, M.; Segovia, L.; Vizcarrondo, J.; Zerpa, N.	
Evaluación de dos fungicidas sistémicos para el control de la Roya del Cafeto.	41	Respuesta de la gallinas ponedoras a niveles variables de energía-proteína en la unidad avícola de la UNET.	73
- Escobar, C. y Bustamante, E.		- Romero, I.	
Prevalencia de <i>Stefanurus dentatus</i> en cerdos sacrificados en el matadero de San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela.	47	Separación mecánica y manual de carne y residuos en peces de agua dulce <i>Hoplosternum littoralis</i> y <i>Hoplias malabaricus</i> .	82
- Morales, O.		- Sánchez, H.	
Morfometría de abejas africanizadas en el estado Táchira, Venezuela.	51		
- Perruolo, G.			
Coleópteros, coprófagos y necrófagos (Scarabaeidae, Silphidae) atraídos a cebos, en bosques venezolanos.	55		
- Havranek, D.			
Estrategia de defensa de la colmena de abejas <i>Apis mellifera</i> , L. (Hymenoptera: Apidae).	65		
- Tapias, O.			

Índice acumulado

Vol.
5
1991

Vol.
6
1992

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Diseño y construcción de un fundidor extractor de cera de abejas (<i>Apis mellifera</i> L.) -Baez, F.; Méndez, H.; Casanova, R.; Méndez, J.	1	Tres métodos para controlar la Palomilla de la cera, <i>Galleria mellonella</i> L., en panales almacenados de cera de abejas. -Casanova, R.	15
Ánalisis micobiológico del queso pasteurizado. -Carreño, M.	11	Escarabajos (<i>Coleoptera. Scarabaeidae</i>) Coprófagos y Necrófagos atraídos a cebos en el estado Táchira, Venezuela. -Havranek, D.	17
Identificación de algunos virus de la caraota (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) por métodos serológicos y plantas indicadoras en algunos cultivos en el estado Táchira. -Durán, F.	25	Configuración histórica del espacio regional y estrategias para su desarrollo. -Martens, J.	27
Comportamiento a nivel de invernadero del Biofertilizante PHS frente a otras fuentes de fósforo usando maíz (<i>Zea mays</i> L.). -López, A.; Paz, M.; Chacón, L.; Guerrero, J.	37	El Género <i>Pteridium</i> (<i>Polypodiaceae</i>) en el estado Táchira, Distribución geográfica y comentarios de interés. -Pérez, L.; Pacheco, J.	41
Evaluación de la efectividad agronómica residual a nivel de invernadero del biofertilizante PHS usando maíz (<i>Zea mays</i> L.) como cultivo indicador. -López, A.; Paz, M.; Chacón, L.; Guerrero, J.	45	Inventario del nivel de motivaciones de las necesidades de logro, afiliación y poder en los productores de El Nula, estado Apure, Venezuela. -Thielen, J.	51
La matemática No-Determinista y la derivación en espacio topológico. -Mirabal, R.	53	Pruebas de patogenicidad de <i>Fusarium</i> sp. en plantas de tomate. -Vásquez, R.	67
Distribución geográfica de las garrapatas que atacan al ganado en el estado Táchira, Venezuela. -Perruolo, G.; Morales, O.; Sánchez, J.	61		
Adaptación informacional de la abeja <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera: Apidae) Parte II. -Tapias, O.; Balderama, N.	71		
Caracterización del proceso de cromado sobre una base metálica. -Duque, L.; Contreras, J.	89		
Diseño y construcción de un prototipo de la máquina de fatiga rotativa. -Barrios, J.; Duque, H.	90		

Vol.
7
1993

Vol.
9(1)
1997

(Edición Especial)

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Toxicidad del Néctar de la planta <i>Ryania speciosa</i> Valh (Flacourtiaceae), sobre abejas <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera: Apidae). -Casanova, R.; Olivares, B.; Mendoza, C.	5	Anatomía / Morfología	1
Estructura del Capital total tangible y su relación con la rentabilidad en fincas ganaderas de doble de doble propósito en los municipios García de Hevia y Panamericano del estado Táchira, Venezuela. -Díaz, F.	13	Biotecnología / Genética	29
Detección y determinación de taninos en Pulpa de Café secada al ambiente. -González, N.; Ramírez, J.; Aldana, J.; Clifford, M.	23	Docencia	44
Incidencia e impacto económico de la despigmentación en un rebaño Brahman registrado. -Montón, D.; Chacón, M.; Mago, M.	33	Ecología	46
El aprendizaje cooperativo y el autoconcepto académico: sus efectos sobre el rendimiento en estudiantes universitarios. -Pernía, I.	41	Etnobotánica	72
Distribución geográfica de los Murciélagos (Mammalia: Quiropteros) en el estado Táchira. -Perruolo, G.; Morales, O.	51	Fisiología / Fotoquímica	76
		Jardín Botánico	96
		Taxonomía / Sistemática	103

Vol.
9(2)
1997

Vol.
10(1)
1998

(Edición Especial)		(Edición Especial)	
TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Gestión educativa en el jardín botánico de Caracas: Un modelo de aula abierta. - Tecenvi, A.	1	Bolívar y la Religión Católica. - Ballesteros, L.	29
Taxonomía y Biodiversidad. - Aristigueta, L.	4	El sistema socio-económico de Bolívar. - Carrillo, T.	31
El nicho ecológico vegetal: de la fotosíntesis al hiperespacio. - Farías, M.	8	Bolívar, política, y ética. - Chávez, A.	35
Taller: Permisología e información sobre fitodiversidad en Venezuela (Workshop: Permission Policy and Information on Phytodiversity in Venezuela). - Gaviria, J.; Zambrano, O.; Silva, A.; Castellanos, E.; Ruiz, Th.; De Martino, G. y Sánchez, I.	13	Bolívar y autonomía universitaria. - Díaz, T.	39
La selva de bejucos ejemplo de bosque natural inestable de la Guayana Venezolana: Avance de Investigación. - Hernández, L.	16	Origen de la sociedad bolivariana - Higueras, G.	43
Proyecto libro rojo de las plantas de Venezuela. - Llamoza, S. y Rojas, F.	21	Bolívar y el poder moral - Labarca, P.	55
Ánalisis de las técnicas utilizadas en el estudio fenológico de la vegetación. - Ortiz, R.	24	Bolívar universitario - Lombardi, A.	77
Presentación y conservación de especies en el palmetum del jardín botánico de Caracas, Venezuela. - Stauffer, F.	30	Bolívar escritor ante el espejo de la crítica - Mora, P.	79
Jardines Botánicos, conservación de la biodiversidad y política ambiental venezolana. Advertencia necesaria. - Trujillo, B.	34	Fundamentos para una charla sobre Bolívar en cuanto que escritor - Paredes, P.	87
Corredores ecológicos en los andes de Venezuela - Yerena, E.	42	Bolívar y la unidad hispanoamericana - Rodríguez, L.	89
		Los andinos en el marco de la identidad nacional la independencia por estos Lares - Sandoval, M.	91
		Bolívar en San Cristóbal - Villamizar, I.	95

Vol.
8(1)
1999

Vol.
8(2)
1999

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Comportamiento Agro-Ecológico del <i>Pteridium aquilinum</i> , en el estado Táchira, Venezuela. - Pérez, L.; Pacheco, J.	5	Utilización del ramio (<i>Bohemia nivea</i>) en la alimentación de conejos en crecimiento y engorde. - Bautista, O. y Zambrano, L.	5
Una respuesta para la Reforma de la Academia de las Universidades - Ramírez, O.	19	Valores en educación superior y su jerarquía de valores en un grupo de estudiantes, universidad nacional experimental del Táchira - Bortone, R.	23
Distribución geográfica de <i>Pieridae</i> (Insecta: Lepidóptera) en el estado Táchira, Venezuela. - Rey, F.	37	Evaluación del ingrediente activo coumafós para el control de <i>Varroa jacobsoni</i> en colonias con cría de abejas africanizadas (<i>Apis mellifera L.</i>), ubicadas en el municipio montes, estado Sucre -Venezuela. - Casanova, R.; Barrios, L.; Mendoza, C.	45
Inventory de las plantas Medicinales del estado Táchira, Venezuela. - Vera, A.	55	Relación entre las abejas <i>Apis mellifera L.</i> y la planta "fruta aguacero" <i>Ryania speciosa</i> Walp., en el Parque Nacional Mochima, municipio Sucre, Estado Sucre, Venezuela. - Casanova, R.	55
		Densidad estelar hacia el polo sur galáctico - Molina, R.; Stock, J. y Ontiveros E.	63
		Fluctuación poblacional de <i>lutzomyia</i> spp. (diptera: psychodidae) en zonas endémicas de leishmaniasis en el estado Táchira, Venezuela. - Perruolo, G.; Moncada, A. y Tapia, O.	75

Índice acumulado

Vol.
12(1)
2000

Vol.
12(2)
2000

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Evolución del comportamiento "Grooming" contra <i>Varroa jacobsoni</i> (acarid:dermanicidae) en abejas africanizadas (Hymenoptera:apidae) en el estado Táchira-Venezuela - Casanova, R.; Hevia, A.	1	Bledo (<i>Amaranthus spp</i>) como ingrediente en dietas para conejos en crecimiento y engorde. - Bautista, E.; Barrueta, H.	1
Nueva especie de <i>Leptospaeria</i> Venezolana. - García, E.	11	Daños causados a <i>Varroa jacobsoni</i> (acarid:dermanicidae) por comportamiento "grooming" de abejas africanizadas (Hymenoptera:apidae) - Casanova, R.	19
Caracterización florística de las parroquias Coquivacoa y Olegario Villalobos del municipio Maracaibo, Estado Zulia. - Rey, F.	19	Crecimiento y fertilidad post-parto de hembras mestizas lecheras en un rebaño del norte del estado Táchira, Venezuela. - García, J.	29
Clasificación automática de espectros estelares tomados con prisma objetivo - Molina, R.	39	Fisonomía de la vegetación y especies vegetales de interesa picola, de altos de Paramillo. San Cristóbal, estado Táchira. Venezuela. - Tapias, O.	61
Supervivencia de <i>Boophilus microplus</i> en pastizales del estado Táchira, Venezuela - Perruolo, G.	53		
Induce de especificidad de la abeja <i>Apis mellifera scutella</i> Latreille, en diferentes meses del año. - Tapias, O.; Monsalve, J.	73		
Comportamiento de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br.) sobre nueve líneas de catimor en la finca Tuquerena, Rubio, estado – Táchira. - Vivas, A.; Barragán, G.	93		

Vol.
13(1)
2001

Vol.
14(1)
2002

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Categorías de la identidad corporativa de las instituciones universitarias - Márquez, I.	1	Evaluación de la producción de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) y ajo porro (<i>Allium ampeloprasum</i>) asociados a la cobertura vegetal muerta con un mínimo manejo agronómico - Contreras, O. y Moreno, F.	1
Aplicación de redes neuronales en espectros estelares - Molina, R.; Rosales, M.	13	Florae herbariorum tachirense N° 1: nomina acanthaceae. - García, E.; Tapias, O.; Monsalve, G.; Marcano, E.; Acuña, E.	11
Evaluación colorimétrica de 28 muestras de miel de abejas <i>Apis mellifera</i> L., provenientes de siete zonas de vida del estado Táchira - Mendoza, L.; Casanova, R.	27	Caracterización taxonómica de la biótica liquénica del jardín botánico del Táchira, San Cristóbal. Edo. Táchira. Venezuela. - García, M.	26
Estudio morfológico de <i>Sclerotium cepivorum</i> Berk, agente causal de la pudrición blanca del ajo - Moreno, I.; Acevedo, R.	51	Caracterización y actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl) A. Gray. - González, N.; Sánchez, F.; Usobilaga, A.	45
Uso de recursos localmente disponibles para la construcción de nidos artificiales de abejas sin aguijón (Meliponinae) - Moreno, F.; Cardozo, A.	71	Validación de un biosensor para la detección de mastitis a través de la conductividad eléctrica. - Zambrano, S.; Acosta, F.; Contreras, C.	55
Plan de manejo para la conservación de las abejas sin aguijón (Meliponinae) en explotaciones madereras. Caso explotaciones del sur del estado Portuguesa. - Moreno, F.; Diaz, L.; Cardozo, A.	79		
Dinámica poblacional de <i>Culicoides insignis</i> (Diptera:ceratopogonidae) en el estado Táchira. Venezuela - Perruolo, G.	95		
Tendencia de vuelo de la abeja <i>Apis mellifera scutellata</i> Latreille. (Hymenóptera:apidae) hacia diferentes sectores geográficos en Altos de Paramillo – Jardín Botánico del Táchira, San Cristóbal – estado Táchira - Tapias, O.	113		

Vol.
14(1)
2002

Vol.
15(1)
2003

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Estudio comparativo de las soluciones analítica y numérica para la conducción de calor bidimensional en el estado estable en una pared compuesta - Arévalo, R.	1	Una infraestructura para la difusión de conocimiento en las PYME - Carpio, M.; Pérez, L.	1
Medidor de flujo basado en el principio de disipación de calor - Contreras, C.; Rodríguez, J.; Di Sípio, R.; Tarazona, J.; Contreras, J.	11	Evaluación de parámetros sanguíneos indicadores de metabolismo energético y proteico en hembras Brahman, en la Hacienda Santa Rosa, estado Táchira. Venezuela - Mora, R.; Moreno, C.	11
Automatización de un sistema híbrido: tres tanques y un surtidor. Parte I: Ingeniería Conceptual e Ingeniería Básica. - Montilla, M.	24	Análisis de proantocianidinas en commelinaceae en el Estado Táchira. Venezuela - Arnaude, O.; González, N.	41
La investigación en la carrera de arquitectura-UNET: Elementos para su análisis. - Vivas, F.	43	Evaluación de la inseminación instrumental y la fecundación natural medida a través de la efectividad de postura en abejas reinas (<i>Apis mellifera</i>) - Carvajal, C.; Ochoa, A.; Casanova, R.; Cárdenas, A.	49
		Reporte de caso de infección por adenovirus bovino tipo 3 asociado a <i>micoplasma Boris</i> en la zona norte del estado Táchira - Moreno, C.	61

Vol.
15(2)
2003

Vol.
16(1)
2004

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Identificación de patógenos causales de diarrea en terneros en la zona norte del estado Táchira. Venezuela - Mora, R.; Moreno, C.	1	Estimación del volumen ventricular izquierdo usando algoritmos genéticos - Bravo, A.	1
El proceso de preincubación en el modelo de incubación UNET. - González, L.	9	Sistema de información decisión de la unidad de admisión de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela. - Marrero, C. y Moreno, T.	7
Concentraciones minerales en suero sanguíneo de hembras bovinas Brahman en una finca del sur del estado Táchira, Venezuela. - Depablos, L.; Moreno, C	17	Nueva calibración de un método de clasificación estelar - Molina, R.	17
Comportamiento productivo y reproductivo de búfalas Murrah en tres explotaciones lecheras del estado Táchira. Venezuela. - Zambrano, R.; Contreras, R.	35	Establecimiento de un plan estratégico prospectivo para la proyección turística del estado Táchira, Venezuela. - Madriz, D.; Ramírez, B.	24
Evaluación de la efectividad de la postura en abejas reinas de genotipo italiano <i>apis mellifera ligustica</i> y genotipo africano <i>apis mellifera L.</i> - Ochoa, H.; Carvajal, G.; Casanova, R.; Cárdenas, I.	45	Normalización y estandarización del protocolo para propagación <i>in vitro</i> de mora de castilla (<i>rubus glaucus</i>) - Solórzano, C.; Linares, S.; Marante, R	44
		Disolución <i>in vitro</i> de fosfatos por hongos del género <i>penicillium</i> aislados de suelos del yacimiento fosfático "monte fresco", estado Táchira, Venezuela. - Valduz, Z. y Reyes, I.	51

Índice acumulado

Vol.
16(2)
2004

Vol.
17(1)
2005

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
El poder político y el poder militar en Venezuela -Porras, C.	72	Implementación del método Simplet en un programa de elementos finitos basados en volúmenes de control -Torres, M.; Reyes, M.; Escalante, H.	1
Pulpa de café ecológica ensilada con melaza en dietas para conejos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) destetados -Bautista, O.; Álvarez, I.; Barrueta, H.	84	Potencialidades productivas del estado Táchira, Venezuela. -Madriz, D.; Ruiz, B.; Castillo, E.; Niño, L.; Márquez, M.; Parra, M.	11
Efecto del ácido oxálico en el control de varroa destructor (<i>acaridemaniidae</i>) en colonias de abejas africanizadas <i>Apis mellifera</i> (hymenoptera: apidae). -Casanova, R.; Uzcátegui, F.; Bracho, R.; Albaracín, L.; Grad, N.; Perrullo, G.; Tapias, O.	94	Uso de patentes para la determinación de tendencias tecnológicas. Caso de estudio: nanotecnología. -Amador, B.	33
Crecimiento y edad al primer celo de novillas mestizas Holstein levantadas en módulos de pastoreo con suplementación -García, A.	104	Amaranthaceae del herbario Juan José Pacheco de la Universidad del Táchira, Venezuela -Monsalve, J.; Tapias, G.; Acuña, E.; Zapata, S.	51
Caracterización física – química en quesos blancos semiduros no pasteurizados, expendidos en la zona norte del estado Táchira -Colmenares, M.; Zambrano, M.; Galiano, S.	118	Evaluación del efecto de dos programas de fertilización sobre el comportamiento de pasto estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>) en el período de lluvias en una finca comercial -Castellanos, L.; Chacón, C. y Moreno, A.	71
		Valor nutritivo del pasto <i>Brachiaria humidicola</i> (rendle) schweick a diferentes edades en condiciones de bosque seco tropical -Rodríguez, N.	89

Vol.
17(2)
2005

Vol.
18(1)
2006

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Nodulación de quinchoncho <i>cajanus cajan</i> por rizobios disolventes de fosfatos de calcio aislados de leguminosas del estado Táchira -Reyes, I.; Alcedo, Y.	90	Concentración de nitrógeno ureico en leche (nul) bovina durante la lactancia en una finca al norte del estado Táchira -Moreno, C.; Mora, R.; Amaya, F.; Olivares, R.	1
Caracterización microbiológica y vida útil de la cuajada ácido láctico obtenida a partir de leche pasteurizada -Rivas, F.; Zambrano, M.; Galiano, S.	100	Detección de <i>listeria</i> spp. en quesos blancos semiduros comercializados en San Cristóbal estado Táchira -Carrillo, L. y Zambrano, M.	9
Caracterización bromatológica de la cuajada láctica obtenida a partir de leche pasteurizada -Zenini, S.; Galiano, S.; Zambrano, M.	115	Asociación de cultivos hortícolas de hoja (<i>Lactuca sativa</i> , <i>Allium ampeloprasum</i> y <i>Coriandrum sativum</i>) con uso de cobertura vegetal muera -Carrillo, L. y Zambrano, M.; Moreno, F.; Contreras, O. y Bracho, B.	18
Utilización de la pulpa de café ecológica ensilada y deshidratada en la alimentación de conejos <i>Oryctolagus cuniculus</i> en crecimiento y engorde -Barrueta, E.; Enderson, CH.; Bautista, O.	125	Efecto de la polinización artificial en el cuajado de frutos de la guanábana (<i>Annona muricata</i> L.) en la zona norte del Estado Táchira -Porras, D.; Briceño, W. y Molina, A.	25
Sustentabilidad y educación ambiental para docentes de educación básica y diversificada utilizando indicadores ambientales en la cuenca del río Táchira - Venezuela -Sánchez, F.; Reyes, I.	133	SGA-V: implementación en VHDL'93 de un algoritmo genético simple -Niño, J.; Amaya, J.	31
Sistema de adquisición dedicado a la obtención de señales cardíovasculares utilizando el computador como herramienta de monitoreo y registro -Granda, F.	145	Diagnóstico gerencial de la PYME tachirense. zonas Puente Real-La Ermita y Santa Ana-Rubio-Capacho -Madriz, R. D.; Castillo, P. E.; Márquez, G. M.; Niño, M. L.; Molina, M. J.; Moreno, M. M.; Quiroz, V. Y.	41
El recurso humano en la PYME del estado Táchira -Cardozo, N.; Infante, C.; Pérez, F.; Ugueto, M.	157	Diagnóstico de la pequeña y mediana empresa manufacturera del estado Táchira bajo la norma COVENIN 1980-89 -Márquez, G. M.; Niño, M. L.; Madriz, R. D.; Castillo, P. M.	55
		Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado de san cristóbal edificaciones públicas y esenciales, lapso 1900-1945 -Casanova, B.	65
		Adobe: técnica constructiva, confort y ambiente -Useche, I.; Durán, J.	74
		La vivienda indígena en el Táchira, respuesta constructiva y ambiental -Villanueva, L.	89
		Residuos sólidos: propuestas ecotecnológicas para la industria de la construcción -Useche, I.; Martínez, A.; Suárez, N.; Contreras, J.; Zapata, J.	98

Vol.
18(2)
2006

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Diseño de cartilla para la construcción de un modelo de vivienda en los páramos tachirenses - Delgado, D.; Useche, I.	103
Aproximación inicial a las implicaciones ambientales del crecimiento residencial, municipio Independencia, Estado Táchira - Durán, J.	110
Concepto de renovación urbana en la planificación del área central de San Cristóbal - Pérez de M., T.	117
Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado de San Cristóbal edificaciones públicas y esenciales, lapso 1900-1945 - Casanova, B.	125
La bioclimática como herramienta en la intervención de edificaciones patrimoniales: "El Balcón de Bolívar" - Sánchez, S.; Ramírez, S.	134
Planificación ergo deterioro ambiental en México - Cabrera, V.; Tenorio, L.; Luna, J.	143
Arquitectura y desarrollo - Mosquera, J.	152
Implementación de materiales didácticos de apoyo para la enseñanza y aprendizaje del idioma inglés - Cañas, L.	162
Propiedades fractales de patrones de crecimiento en el modelo DLA mediante automatas celulares - González, J.; Rivera, H.; Tucci, K.	173
Herramienta para el procesamiento y visualización de la señal EEG - Guillén, B.; Timaure, R.; Cuadros, J.	181
capacidades tecnológicas de la pyme del sector textil del ESTADO Táchira - Amador, B.; Bautista, G.	193
Proceso de implantación de las nuevas tendencias de mantenimiento en procesos productivos - Zambrano, S.; Leal, S.	181
Simulación computacional de la hidrodinámica del flujo incompresible a través de un codo - Torras, S.; Torres, M.; Escalante, H.; Rosales, W.	212

Vol.
19(1)
2007

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Variables de medición del impacto socioeconómico de la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos Fumo, N.; Villamizar, P.	1
Comunicación entre InTouch® de Wonderware® y el PIC16F877 Contreras, C.; Contreras, A.; Peñaranda, N.	7
Revisión documental exploratoria sobre los factores que inciden en el proceso innovativo de la pyme manufacturera venezolana Márquez, A.; Ruiz, B.	15
Construcción de un equipo para la instalación del armamento del helicóptero AS532 COUGAR Laya, A. 1; Bustamante, J. 2; Duran, D. 2; Hernández, J. 2.	25
Implementación del protocolo DNP3.0 para una unidad de monitoreo de variables eléctricas de potencia Contreras, C.; Zambrano, U.	33
El sector panadero, una alternativa de desarrollo para el Estado Táchira Cardozo, N.; Infante, C.; Pérez, F. y Ugueto, M.	38
Prevalencia de <i>Balantidium coli</i> (ciliophora:bursaridae) en cerdos del matadero municipal de San Cristóbal Estado Táchira Venezuela Bonilla, M.; Perruolo, G.	50
Evaluación del proceso de polinización de algunos cultivos comerciales y estimación del rendimiento frutícola Salamanca, G. 1; Casanova, R. 2; Osorio, M.	58
Nivel de preparación hacia la red de las alcaldías venezolanas, en su función administrativa como prestadora de servicios públicos Núñez, E.	69
Flora y vegetación de bosques húmedos montanos bajos del Parque Nacional Chorro el Indio. Táchira. Venezuela Monsalve, J. 1; Zapata, S. 2; Tapias, G. 3; Acuña, E. 4.	79

Vol.
19(2)
2007

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Clasificación espectral cuantitativa. redes neuronales artificiales en el análisis de estrellas gigantes K-M. Molina, R.	80
Evaluación de fluidos refrigerantes no perjudiciales al medio ambiente Salerno, D.	87
Implementación de laboratorios de instrumentación y control a distancia Chacón, R.	95
Algoritmo para la resolución de problemas numéricos con satisfacción de restricciones Rodríguez, D.	105
La intención de crear empresas de los estudiantes de la UNET próximos a graduarse Labarca, I.; Pérez, L.	111
Desarrollo de un microbot móvil autónomo Andrickson, J.; Yáñez, J.	120
Ánalisis de incertidumbre para una placa orificio según el método de COLEMAN - STEELE Alvarado, M.; Méndez, D.; Torres, M.; Escalante, H.; Rosales, W.	127
Alienación, neoliberalismo y derechos humanos Weky, L. Balbo, J.	133
Mejoras en la calidad de la producción artesanal del bloque hueco de concreto (BHC) Villanueva, L.	140

Vol.
20(1)
2008

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Clasificador difuso neuronal aplicado a casos de enfermedades hepáticas representadas por datos con patrones solapados Chacón, J.; Volcán, R.; Lameda, C.	1
Características de experiencias en redes interpresariales de pyme's del estado táchira Cardozo, N.; Pérez, F. y Ugueto, M.	11
Diseño básico de un ciclo rankine con fluido orgánico para una estación de flujo petrolera Velázquez, L.; Torres, M.; Rodríguez, P.; Escalante, H.; Rosales, W.	23
Cuadro de mando integral en los procesos gerenciales de la empresa compañía anónima de administración y fomento eléctrico (CADAFFE) Cabeza, María A.; Cabeza, María E.	32
Propuesta para el mejoramiento de la calidad de la enseñanza en la asignatura Ingeniería de la producción I Márquez, M. y Niño, L.	41
El control metacognitivo y los mapas conceptuales para facilitar la comprensión de estructuras conceptuales complejas Ramírez de M., M.; Aspée, M.; Sanabria, I.; Tellez, N.	51
Los barrios de ranchos en el eje Palmira-San Josecito. rol urbano García, N.	51
Madurez vocacional y perfil de valores humanos en estudiantes universitarios que se cambian de especialidad Bortone, R.	62
	72

Índice acumulado

Vol.
20(2)
2008

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Metodología para el análisis dinámico de válvulas cardíacas artificiales usando el método de los volúmenes finitos Torres, M.; Reyes, M.; Escalante, H.; Rosales, W.	73
Gestión de recursos humanos por competencias, camino para el direccionamiento estratégico de empresas. caso de estudio Cardozo, N.; Uguelo, M.; Infante, C.	79
Biodiversidad asociada con el género <i>lymnaea lamarcck</i> 1801 (lymnaeidae: pulmonata: gastrópoda), en los andes venezolanos Chacón-Ortiz, A.; Guerrero, Ch. y Tovar-Rodríguez, W.	87
Culicoides travassosi forattini, 1957 (diptera:ceratopogonidae): nueva especie para VENEZUELA Perruolo, G.	95
La aplicación de estrategias de aprendizaje, deducidas e inducidas, en la comprensión lectora de inglés: pregrado de ingeniería de la Universidad Nacional del Táchira Cañas, L.	99
Sistema estructural itinerante para la atención de desastres Cánovas, J.; Marcano, M.; Villanueva, L.; Rivas, N. y Murzi, H.	106
Manual para la implementación de un sistema de gestión ambiental en mataderos municipales Lara, M.; Cabeza, M.; Espinosa, C.	117
SAN CRISTÓBAL: de la metrópoli imaginada a la metrópoli real Mogollón, L.	125

Vol.
21(1)
2009

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Caos colectivo en redes de pequeño mundo González-Estevez, J.; Cosenza, M.	1
Modelo de intercambio económico en una sociedad estratificada con interacciones locales Herrera, J.; Cosenza, M.; Tucci, K.	8
Auto-organización en redes AD-HOC Albornoz, J.	14
Coexistencia de temperaturas granulares diferentes en una capa granular fluidizada Trujillo, L.; Roca J.; Sigalotti Di G. L.	25
Estimación de la dimensión fractal en series de tiempo de la frecuencia cardíaca fetal Ortega, J.; Infante, S.; González, X.	35
Optimización de la conectividad de redes de mapas acoplados mediante un algoritmo genético Estevez, R.; Tucci, K.	46
Efecto de la densidad de vehículos de transporte público en la fluidez del tráfico: un modelo autómata celular Marquez, J.	56
Emergencia de redes de pequeño mundo en sistemas coevolutivos de mapas caóticos acoplados Chipia, M.; Cosenza, M.	60

Vol.
21(2)
2009

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Modelado del desempeño de catalizadores de mo en hds de tiofeno empleando redes neuronales Méndez, P.; Sánchez, N.; Calafat, A.	61
Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de lippia micromera schauer que crece silvestre en el Estado Táchira. Venezuela González de C. N.; Pallares, J.; Ramírez, T.; Alarcón, L. Velasco, J.; Usibilaga, A.	69
Aspectos técnicos en las empresas productoras de piezas de fundición gris del Estado Táchira Peña, M.; Fuentes, J.; Gallardo, J.	76
Competencias genéricas del académico UNET: una herramienta de gestión del recurso humano Cardozo, N.; Uguelo, M.; Infante, C.; Pérez, F.; Guerrero, Y.; Guerra, K.	81
Simulación y análisis de flujo transversal a través de banco de tubos en línea usando el programa CFX Díaz, M.; Guerrero, M.; Rojo, J.	93
Diseño instruccional de la asignatura metodología de la investigación Balbo, J.	101
Efecto de <i>Trichoderma</i> spp. en el control de <i>Plasmodiophora brassicae</i> en plantas de coliflor Becerra, C. y Acevedo, R.	107
Establecimiento del programa de transferencia de embriones en fresco en una finca del Estado Táchira Venezuela Montilla, J. Maldonado, J. Urdaneta, A. García, J. Acosta, B.; Moreno, A. Olivares, R. Zambrano, R.	115

Vol.
22(1)
2010

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA	
Desarrollo de <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari (Coleóptera: Curculionidae) en café pergaminio con tres niveles de humedad, en condiciones de laboratorio Salazar, M.; Reyes, A.; Vivas, A.; Sánchez, J.	1
Caracterización microbiológica y físico química del fermento utilizado en la elaboración del pan andino en Venezuela Vonasek, S.; Zambrano, M.	9
Efecto de la fertilización química y orgánica en el rendimiento de mora (<i>Rubus glaucus</i> Benth) Briceño, W.; Omaña, R.	17
INDUSTRIAL	
Modelado y simulación del funcionamiento de una celda de combustible PEM para uso automotriz Posso, F.; Duque, W.	25
Propuesta para la evaluación y mejoramiento de los métodos de trabajo en la PYME Márquez, M.; Pérez, F.	34
Diseño de bloques incompletos balanceados aplicando búsqueda Tabú Rodríguez, D.	43
Reingeniería del Sagaj para su ejecución en la Grid Castro, J.; Casique, D.; Amaya, J.	51
EXACTAS	
Identificación y evaluación de los impactos ambientales en el proceso de producción de etanol Araujo, E.; Carrero, D.	60

Vol.
22(2)
2010

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGROPECUARIA Determinación de biomasa forrajera en residuos de cosecha de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp. híbrido) Moreno, A. ¹ ; Cárdenas, L.; Zambrano, R. ² ; Darghan, E. ¹ ; Delgado, L. ² ; Montilla, J. ²	68
INDUSTRIAL Análisis de las capacidades locales de innovación en el estado Táchira Márquez, Alexandra; Pérez, Laura	74
EXACTAS Actividad reproductiva de <i>Hypsiboas lanciformis</i> COPE, 1870 (AMPHIBIA:ANURA:HYLIDAE) en los Andes de Venezuela Tovar-Rodríguez, William ¹ ; Chacón-Ortiz, Andrés ¹ y De Jesús-Duran, Rosa ² Determinación taxonómica del orégano silvestre y sus relaciones ecológicas en la minas de Lobatera - Táchira - Venezuela Zapata, Yurli ¹ ; Tapia, Omar ¹ Seroprevalencia de <i>Toxoplasma gondii</i> (protozoo: sarcocystidae) en cerdos del matadero de San Cristóbal Táchira Venezuela Calderón, Yolimar ¹ ; Perruolo, Gustavo ¹	87
SOCIO HUMANÍSTICO La casa – patio, variaciones tipológicas en los núcleos urbanos del Táchira, Venezuela Casanova, Betania	96
	103

Vol.
23(1)
2011

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
INDUSTRIAL ¿Existe responsabilidad social en las universidades? Infante, Cora	1
Propuesta de gestión para el financiamiento a corto plazo en la PYME metalmeccánica del municipio San Cristóbal del estado Táchira Parra, Maira; Ruiz, Bianey; Madriz, Delia; Castillo, Elizabeth	9
SOCIO HUMANÍSTICO El área metropolitana de San Cristóbal. Aspectos demográficos y de división político-territorial Mogollón, Ligia	17
Residuos de la construcción y nuevos componentes Constructivos-Ecomaterial Zapata, José G.	25
AGROPECUARIA Evaluación del comportamiento higiénico (CH) en poblaciones de abejas africanizadas <i>Apis mellifera</i> (L.) en Portuguesa-Venezuela Casanova, O. Raúl; Cárdenas, Iván; Albaracín, Luis	31
Prevalencia y carga parasitaria de cultivos de cachamay (<i>Colosoma macropomum</i> CUVIER, 1818 X <i>Piaractus brachypomus</i> CUVIER, 1818) Ramírez-Mora, José Nobel ¹ ; Eslava-Mocha, Pedro René; Aguadelo, Eddy	36
EXACTAS Mejora del proceso de destilación artesanal para la producción de etanol Herrera, Juan Pablo.; Padilla, Victoria; Cárdenas, Mayrin; Carrero, Yvan; Alayón, Mario	46
Complejidad estadística en series temporales: aplicación a señales EEG Escalona-Morán, M.; Molina, L. A.; Cosenza, M. G.	
Influencia de la topología en la distribución de riqueza en un modelo determinista de intercambio económico ^{1, 2} González-Estévez, J.; ² Cosenza, M. G.; ³ López-Ruiz, R.; ⁴ Alvarez-Llamoza, O.	53
	61

Vol.
23(2)
2011

PÁGINA	
INDUSTRIAL Caracterización del proceso innovativo de las pequeñas y medianas empresas metalmeccánicas del estado Táchira Márquez, Alexandra; Mora, Yurby	69
Como toman decisiones los empresarios exitosos Castillo, Elizabeth	79
Modelado del efecto final del robot alacrane para el contacto con el suelo García, Marcey ¹ ; Martínez, Jorge ¹ ; García-Cerezo, Alfonso ³	88
Consideraciones para el fortalecimiento de las competencias emprendedoras en el estudiante UNET Díaz, Manuel ¹ ; Madriz, Delia ²	101
Marco integrador para el desarrollo de equipos de alto desempeño. Caso: unidad de investigación de la UNET Ugueso, Martha y Cardozo, Neyda	110
La generación de electricidad en zonas rurales de latinoamerica utilizando celdas de combustible Posso, Fausto	122
EXACTAS Efecto de los agroquímicos sobre las propiedades biológicas en suelos del estado Táchira Ramírez, Tibisay; González, Nélida; Meza, María; Pallares, Johana	132
SOCIO HUMANÍSTICO Política social en el IX plan de la nación y el plan de desarrollo económico – social 2001-2007 Weky, Luis	140
AGROPECUARIA Evaluación de la fertilización nitrogenada sobre oferta y composición química de pasto azul (setaria anceps) ² Zambrano, Ramón; ¹ Montoya, Betty; ¹ Zambrano, Arlinda; ² Moreno, Alejandro; ¹ Montilla, Juan	148

Vol.
24(1)
2012

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
Propiedades mecánicas de la fundición gris producida por empresas del Táchira, Venezuela Peña, Milexa ¹ , Fuentes, José ¹ , Gallardo, José ² , Zapatero, José ³	1
El trabajo académico del estudiante UNET. Impacto y pertinencia Pérez, Freddy; Ugueso, Martha; Cardozo, Neyda	13
Diagnóstico gerencial de la microempresa manufacturera del estado Táchira, Venezuela Márquez, Mervin; Madriz, Delia; Sierra, Maritza; Parra, Maira	21
Arquitectura de Automatización Basada en Holón Industrial Andrickson, José ⁽¹⁾ ; Chacón, Edgar ⁽²⁾ ; Amaya, Jhon ⁽³⁾ ; Pabón, María ⁽⁴⁾ ; Ramírez, Alba ⁽¹⁾	31
Ambiente organizacional en las unidades académicas de la UNET Sánchez, Lilian; Guerra, Karina; Ugueso, Martha; Muñoz, Miguel; Cardozo, Neyda; Pérez, Freddy; Infante, Cora	45
Estudio comparativo de la influencia del abastecimiento de agua en las actividades económicas de la Fria, Venezuela y Mairena del Aljarafe, España Lara, Mayra ¹ ; Cárdenas, Ana ² ; Zambrano, Lisbeth ¹ ; Navarro, Jesus ²	55
Mapas conceptuales y manipulación sensorial de modelos físicos elementales: una estrategia para la enseñanza-aprendizaje de dinámica rotacional Téllez, Neira ¹ ; Ramírez, María ¹ ; Sanabria, Irma ¹ ; Aspé, Mario ¹	
Triplete de Ca II como calibrador de los parámetros atmosféricos T_{eff} , $\log(g)$, $[Fe/H]$ Molina, Ramón	63
	75

Índice acumulado

Vol.
24(2)
2012

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
AGROPECUARIA		
Producción de etanol en cultivares de caña de azúcar en fase plantilla (<i>Saccharum spp. híbrido</i>)	90	
Labrador, José ¹ ; Contreras, Quiliano ² ; Hernández, Edith ³ ; Herrera, Juan ⁴ ; Alayón, Mario ⁵ ; López, Yulice ⁶ ; Márquez, Leonardo, y Becerra Yohana ⁸		
Vida productiva en un rebaño bovino doble propósito en Venezuela. I. Modelo de Cox	98	
Zambrano, Ramón ¹ ; Chirinos, Zuleima ¹ ; Bracho, Belkys ² ; Yáñez, Luis ³ ; Vito, José ⁴ ; Moreno, Alejandro ⁵		

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
INDUSTRIAL		
Modelo de optimización de sistemas de eventos discretos utilizando redes de Petri	105	
Durán, Nelson		
Programación lineal ante el reto de la transcomplejidad del proceso de producción de quesos	113	
Morris, Lloyd.; Salazar, Olga.; Quiñones, Yeanette		

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
EXACTAS		
Germinación y desarrollo de <i>Lippia micromera</i> Schauer en el sector Cazadero Minas de Carbón de Lobatera, Táchira-Venezuela	121	
Zapata Yuri; Tapia Gabriel		

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
SOCIO HUMANÍSTICO		
Macrosectorización del riesgo de inundación en la cuenca del río Torbes	127	
Useche, Iván; Chacón, Leandro; Criollo, Rosa; Salas Zulay		

Vol.
25(1)

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
INDUSTRIAL		
Enfoque para la reconstrucción del ventrículo izquierdo en angiografía rotacional por rayos X	1	
Bravo, Antonio ¹ y Medina, Rubén ²		
El rol de la universidad en el desarrollo de interacciones con el entorno productivo	19	
González, Yanireth; Márquez, Alexandra; González, Salvador		
Arquitectura de control en labview para laboratorio de control, mediante plc twido	28	
Andrickson, J.; Ramírez, A.; Pabón, M.; Barón, G.; Rangel, J.		
EXACTAS		
Desempeño ambiental de la agroindustria rural de caña panelera en el municipio Junín, estado Táchira, Venezuela	38	
Solórzano C., C.; Carrero, Y.; Padilla, V.; Alayón, M. y Herrera, J.		
Efecto de <i>Trichoderma</i> , de sus metabolitos no volátiles y extractos de plantas sobre <i>P. brassicae</i>	46	
Becerra C., C.; Escalante O., M. y Pérez R., M.		
Contaminación por parásitos caninos de importancia zoonotica en playas del estado falcón, Venezuela	54	
Perruolo, L. Gustavo; Chacon-Ortiz, Andres; Agudelo, Eddy; Orellana, Andrés; Tovar, William		
Empleo de programas en labview para la dilución y mezcla de bebidas alcohólicas artesanales	58	
Herrera, Juan Pablo.; Padilla, Victoria; Moreno, Mayerlyn		

Vol.
25(2)

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
2013		
Responsabilidad Social Universitaria		
La agricultura ecológica y su impacto socio-ambiental en agrosistemas de café. Caso de estudio: Cooperativa Quebrada Azul, municipio Andrés Bello, estado Mérida (Venezuela)	1	
Castillo, Maicol y López, Roberto		
Diseño de estrategias de neuromarketing para la Universidad Nacional Experimental del Táchira	13	
Pacheco, Mónica del Carmen		
Fortalecimiento de la responsabilidad social universitaria en los docentes de la UNET	20	
Rodríguez, Karen		
Orientación educativa y responsabilidad social universitaria garantía para la consolidación de una carrera profesional	28	
Delgado Muñoz, Ana Rita		
Análisis de la aplicabilidad de los derechos humanos: desde una mirada internacional, nacional, local y del consultorio jurídico - Universidad Simón Bolívar, extensión Cúcuta	37	
Ilarra, Mercedes		
Comunidades de aprendizaje para el desarrollo de la agroindustria rural en caña panelera del estado Táchira	45	
Solórzano, Carmen Sol; Carrero, Yván; Padilla, Victoria; Herrera, Juan; Alayón, Mario y Vivas, Marisabel		
Entornos Virtuales		
Software educativo para la integración en la lectura de niños con discapacidad visual (baja visión)	56	
Fernández, Luisenia		
Problemas de contextualización de transferencia de conocimiento virtual entre países; un estudio de caso	61	
Vega, Lurelis; Rondón, Blanca; Matos, Nixdoris; Berrios, María del Socorro; Monsalve, Trina		
Transdisciplinariadas en las Ciencias Sociales		
Escritura académica, una práctica transdisciplinaria y colaborativa	68	
Guerrero, Rosmar; Guerrero, Nathalia		
Actitud de los docentes de ciencias básicas ante la incorporación de las tic en el proceso de enseñanza y aprendizaje	73	
Ramírez, Grelys; Vivas, Marisela		
Configuración del patrón cognitivo en la elaboración del proyecto de investigación	83	
Rondón, Blanca; Sánchez, Marina; Berrios, María; Bastidas, Trina; Matos, Nixdoris		
La síntesis estereognosica como definición de la transdisciplinariad	91	
Miguel Martínez Miguélez		

Vol.
26(1)

TÍTULO DEL ARTÍCULO		
	PÁGINA	
2014		
AGROPECUARIA		
Validación de un Protocolo de Plastinación como una técnica alternativa para la preservación de material biológico en el Laboratorio de Anatomía Animal de la Universidad Nacional Experimental del Táchira.	1	
Pernia, Jazael; López, Alejandro; Acosta, Bladimiro		
SOCIO HUMANÍSTICO		
Intervención de frentes de agua urbanos en América Latina. Principios de sostenibilidad	8	
Ruiz Ferrer, Isis; Pérez de Murzi, Teresa		
Tutorial de Metodología de la Investigación, dirigido a estudiantes de Ingeniería Informática de la UNET	20	
Ruiz, Yovanni; Moreno, Teresa; Leguizamón, Andrés y Velandia, Rocío		
Diagnóstico de la asignatura Geometría Descriptiva para diseñar un material de instrucción basado en TIC	34	
Machado González, José Ramón		
Caracterización de residuos y desechos sólidos de la Clínica Médico-odontológica del Instituto de Previsión Social del Personal Académico de la UNET (IPUNET)	42	
Carrero, Darcy; Peña, Luimart; Rangel, Zulay; Paz, Martín y Rodríguez, Karen		
INDUSTRIAL		
Influencia de la Extensión Universitaria UNET en el desarrollo endógeno del estado Táchira	53	
Guerrero, Yadira y Ramírez, Jenny		
CIENCIAS EXACTAS		
Carbonatos Orgánicos Cíclicos como Monómeros: Síntesis y Caracterización	67	
Monsalve, Meribary; Contreras, Jesús		
Calibración de un Algoritmo para la determinación de períodos en Estrellas Variables Periódicas	80	
Velásquez, Raúl; Vivas, A. Katherina y Sánchez, Néstor		

Vol.
26(2)
2014

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
AGENDA HÁBITAT. INDICADORES CLAVE DE VIVIENDA PARA EL MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA García, Norma; Pérez, Teresa	91
CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA Márquez, Alexandra; Ruiz, Bianey	101
SIMULACIÓN TRIDIMENSIONAL MEDIANTE EL SOFTWARE ANSYS CFX 12.1 DEL FLUJO DE AIRE A TRAVÉS DE LA CAVIDAD DE UN PERFIL 2415-3S CON UNA SERIE DE ÁLABES INTERNOS Mendoza, Luis D.; Velázquez Araque, L.; Casanova, Jesús	111
POLÍTICA SOCIAL EN EL IX PLAN DE LA NACIÓN Y EL PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO – SOCIAL 2001-2007 Weky, Luis	119
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE FRUTOS DE <i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr González de C. N.; Araque, C.; Montilva, Z.; Velasco, J. y Usubillaga, A.	127
EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA ENTRE AISLAMIENTOS DE <i>Trichoderma</i> spp. Becerra, Claudia; Escalante, Mayra y Galvis, Johana	133
RECONOCIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PLATANILLOS DE LA FAMILIA HELICONIACEAE EN EL ESTADO TÁCHIRA Acuña, Elsie; Tapias, Omar; Zapata, Yurli	142
DIPTEROS FORESTICOS DE <i>Dermatobia hominis</i> (Linnaeus Jr. 1781) EN PEDRAZA, MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA Perruolo, L. Gustavo; Chacón-Ortiz, Andrés; Agudelo, Eddy; Orellana, Andrés y Tovar, William	154

Vol.
27(2)
2015

TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
ELEMENTOS MOTIVACIONALES DEL DESEMPEÑO LABORAL: DIRECCIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA. Carrero, María; Márquez, Alexandra; González, Yanireth	85
PROPUESTA DE MIGRACIÓN A IPV6 PARA UNA RED DE COMUNICACIÓN DE DATOS. CASO DE ESTUDIO RED UNET Monsalve, Norma; Amaya, Jhon; Reyes, Douglas; Pernia, Edgar	97
ECOSISTEMAS DEL ESTADO TÁCHIRA COMO ESPACIOS PARA LA ENSEÑANZA EN BIOLOGÍA. Chacón-Ortiz, Andrés; Tovar, William; Perruolo, Gustavo; Salcedo, Marco	107
DIAGNÓSTICO FÍSICO DE LA CASA DE LA HACIENDA PARAMILLO Márquez, Manuel; Pinzón, Lourdes; Porras, María; Uscche, Iván	114
USO DE LAS NARRATIVAS TRANSMEDIA COMO UNA NUEVA FORMA DE COMUNICACIÓN EN LA ERA DIGITAL Contreras C., Juan J.	126
VALORACIÓN DE MODELOS DE TURBULENCIA EN DOMINIOS COMPUTACIONALES PARA SIMULACIÓN DE UNA TURBINA HELICOIDAL Marturet, Gustavo; Gutiérrez, Edgar; y Caraballo, Simón	1
ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE BASADA EN RETROALIMENTACIÓN, LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNET. Guerra, Karyna; Ramírez, María; Sanabria, Irma.	19
MELASTOMATACEAE EN LOS MUNICIPIOS FERNÁNDEZ FEO Y TORBES DEL ESTADO TÁCHIRA Zapata, Yurli	30
DISEÑO DE LAS PAILAS PARA UN CENTRAL PANELERO A VAPOR Alarcón, Karla; Alayón, Mario; Carrero, Yvan; Díaz, Carmen; Vivas, Marisabel	37
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN PANELAS DE LOS MUNICIPIOS SUCRE, JUNÍN, AYACUCHO Y CÁRDENAS DEL ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA. Solórzano, Carmen; Montilva, Leonarda	48

Vol.
28(2)
2016

TÍTULO DEL ARTÍCULO
PÁGINA

SISTEMAS AUTÓNOMOS DE POZOS	58
Camargo, Edgar; Aguilar, José	
CREACIÓN DE SISTEMAS MULTIAGENTES: UN IDE BASADO EN MASINA Y FIPA	71
Hidrobo, Francisco; Rivero, Paola; Rios, Addison	
MOTOR DE JUEGO SERIOS EN ARMAGACO-c	
Aguilar, José; Altamiranda, Junior; Diaz, Francisco; Mosquera, Diego	100
PLN Y PROCESOS DE INFERENCIA EN LA IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS GENÉTICAS Y SUS MODOS DE REGULACIÓN	111
López, José; Ramírez, Yascon; Morales, Yonathan; González, Luis	
ROSTRO GENÉRICO PARA MÁQUINAS QUE INTERACTUAN CON PERSONAS	121
Dapena, Eduardo; Pérez, Jesús; Rivas, Rafael; Guijarro, Alfonso	

Vol.
29(1)
2017

TÍTULO DEL ARTÍCULO
PÁGINA

Sistema de Gestión de la productividad de la microempresa y PYME del sector comercio (rubro venta de calzado) del municipio San Cristóbal del estado Táchira.	1
Sierra, Maritza; Castillo, María	
Propuesta metodológica para identificar factores influyentes en las funciones de docentes universitarios.	20
Sánchez, Lilian; Ramírez, Jenny; Guerra, Karyna	
Un modelo normativo para orientar el pensamiento creativo aplicando el método PIAEM	31
Roa, Mary; Porras, Yazmira	
Estudio de la Fitotoxicidad de Hidrogeles derivados de Acrilamida y Ácido Itacónico hacia plantulas de papa (<i>Solanum tuberosum</i> , L.)	41
Contreras, Jesús; Juárez, Jessica; Oliveros, Alberto	
Efectividad del Biocarbón, Vermicompost, Turba y la adición de <i>Trichoderma</i> sp. en la aclimatación de plantulas de fresa producidas <i>in vitro</i>	53
Becerra, Claudia; Linares, Sonia; Linares, Clemente y Jiménez, Dubraska	
Compatibilidad entre <i>Trichoderma</i> spp., sus metabolitos no volátiles y extractos de plantas	60
Becerra, Claudia; Escalante, Marlyn	
Calidad del calostro de búfalas (<i>Bubalus bubalis</i>) en la zona norte del estado Táchira, Venezuela	68
Arellano, Eudi; García, José; Vivas, Fernando	

Vol.
29(2)
2017

TÍTULO DEL ARTÍCULO
PÁGINA

SISTEMA DE INFORMACIÓN EN CONTROL DE PROCESOS	74
Andrickson, José; Arellano, María; Antony, Caro; Pabón, María; Hernández, Carlos.	
SUPERVISOR WEB BASADO EN SISTEMA EMBEBIDO	91
Bravo, Henry; Cárdenas, Miguel; Andrickson, José	
METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ANTENA MICROSTRIP PARA APLICACIONES RFID.	104
Fernández, Henry	
PRÁCTICAS PARA LA INTEGRACION SOCIO-LABORAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD	121
Flores, Yatnelly; Tapias, Gabriel; Oviedo, Libia	
DIAGNÓSTICO DE LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNET EN FUNCIÓN DE LOS PROCESOS EDITORIALES Y LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES.	135
Villalobos, Salvador; Chacón, José	
IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. CASO: TERRAZAS DEL VALLE MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO TACHIRA.	148
Pérez, José; Carrero, Darcy	
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE TRICHODERMA spp. (ASCOMYCOTA: HYPocreaceae) CON RAPDS E ITS-RFLPS.	162
Becerra, Sioly; Vera, Rosa; Pérez, Mayra; Moreno, Bridget	
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL DE UNA GRANJA PORCINA EN EL MUNICIPIO TORBES, TACHIRA	173
Cárdenas, Marcos; Espinosa, Sindy; Cárdenas, Mayra	

Vol.
30(1)
2018

Congreso Binacional de Investigación

TÍTULO DEL ARTÍCULO
PÁGINA

CONFERENCIA ¿CUÁL ES LA INFLUENCIA DE LA INTENCIÓN DEL EXPERIMENTADOR EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA? Reyes, Isabella	3
INDUSTRIAL OPTIMIZACIÓN DEL FILTRO DE KALMAN EXTENDIDO MEDIANTE ALGORÍTMOS MÉMÉTICOS Amaya, Jhon; Tarazona, María	17
IDENTIFICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE UN ROBOT MÓVIL DIFERENCIAL A TRAVÉS DE UN PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Reyes, Jesús; García, Jesús; Sánchez, Gerardo; Gil, Ángel	28
CONTROL DE UN PÉNDULO INVERTIDO USANDO EL FILTRO DE KALMAN EXTENDIDO PARA LA ESTIMACIÓN SIMULTÁNEA DE ESTADOS Y PARÁMETROS INCERTOS Tarazona, María; Rodríguez, José	38
HERRAMIENTAS 2.0 PARA FOMENTAR EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LOS CONTENIDOS MATEMÁTICOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL Peña, Tania; Barbosa, Alejandro; Zambrano, Ramón	48
ESTIMACIÓN DEL PRESUPUESTO MÍNIMO Y MÁXIMO RECOMENDADO PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA Castro, Alexis; Sánchez, Gustavo	56
CONTROL DIFUSO DE ESTRUCTURA VARIABLE PARA UN PROCESO DE EVAPORACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA Reque, Juan; Streiff, Miguel; Sánchez, Gustavo; Granado, Ernesto	67
HORNOS CERÁMICOS SUSTENTABLES PARA PRODUCTOS ARTESANALES DE ARCILLA EN LATINOAMÉRICA. CASO: MÉXICO Díaz, Juan; Suárez, Gustavo; García, Francisco; Rosales, Wilber; Reina, Jesús; Zambrano, Heidy	80
CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CLIMAS TROPICALES LATINOAMERICANOS Agudelo, Nancy; Ramírez, Rodrigo; Sainz, Luis	91
AGROPECUARIA	
ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA Y NITROGENO EN PLANTAS DE PIMENTÓN INOCULADAS CON BACTERIAS RIZOSFÉRICAS Castro, Yulimar; Blanco, Erika	105
EFFECTO DE CEPAS NO PATÓGENICAS DE <i>Fusarium oxysporum</i> (ASCOMYCOTA: NECTRIACEAE) EN PLÁNTULAS DE TOMATE, PEPINO Y CEBOLLA Bautista, Luis; Granados, Liliiana	113

**Vol.
30(1) Continuación**

2018

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

INCIDENCIA DE LA INOCULACIÓN CON MICROORGANISMOS RIZOSFÉRICOS BENEFICIOSOS Y ROCA FOSFORICA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL PIMENTON (<i>Capsicum annuum</i> L.)	122	Vol. 30(1) Continuación	2018	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
APLICACIONES DE GALLINAZA Y <i>Trichoderma harzianum</i> EN EL DESARROLLO DE <i>Solanum tuberosum</i> VAR GRANOLA	129	EFECTO DEL FENOL ÁCIDO Y BÁSICO EN LA PURIFICACIÓN DE PROTEÍNAS APOLARES DEL SUELO	274	INCIDENCIA DE LA INOCULACIÓN LIQUIDA O GRANULADA DE <i>Trichoderma</i> spp. PARA PROMOVER EL CRECIMIENTO DE <i>Ulmus crataegifolia</i> Y <i>Lactuca sativa</i>	274
Ros María; Bautista, Luis		Alvarez, Erika; Almarza, Jorge; Ruiz, Claudia; Camargo, Danny; Linares, Clemente; Camargo, Daniela		Roche, Laura; Vera, Rosa; Galvis, Johana; Moreno, Bridget	283
EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN LIQUIDA O GRANULADA DE <i>Trichoderma</i> spp. PARA PROMOVER EL CRECIMIENTO DE <i>Ulmus crataegifolia</i> Y <i>Lactuca sativa</i>	139	ESTUDIO TEÓRICO DE LA BIODISPONIBILIDAD Y RECONOCIMIENTO MOLECULAR ENTRE METABOLITOS SECUNDARIOS DE <i>Euphorbia hirta</i> L. Y α , β -TUBULINA	283	INDICE EPT COMO BIODÍNDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO TORBES, TACHIRA, VENEZUELA	293
Roche, Laura; Vera, Rosa; Galvis, Johana; Moreno, Bridget		Marcano, Emilio; Sánchez, Ysbelia; Canelón, Verísonos		Perruelo, Gustavo; Chacón, Andrés; Tovar, William	
EFFECTO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE <i>Cymbopogon citratus</i> Y <i>Lippia micromera</i> SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DE <i>Alternaria</i> sp.	150	Durrie, Osvaldo; Sánchez, Lenit; Cárdenas, Marcos; Cañón, Mauricio; Possetti, Gustavo; Escalante, Marly; Briceño, Tito; Barbosa, Alejandro	302	PERRO, Gustavo; Chacón, Andrés; Tovar, William	
Escalante, Marly; Briceño, Tito; Barbosa, Alejandro		TRATAMIENTO EFICIENTE DE RESIDUOS LÍQUIDOS CON FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE DE TRES FASES (TRI-FAFS)	313	Possetti, Gustavo; Chacón, Andrés; Tovar, William	
PATOGENICIDAD DE CEPAS NATIVAS DE <i>Metarhizium anisopliae</i> SOBRE LARVAS DE <i>Phthiruspappi</i> (COLEOPTERA:MELOLONTIDAE)	158	Maldonado, Julio; Rodríguez, Jarsón; Márquez, Adriana		TRATAMIENTO EFICIENTE DE RESIDUOS LÍQUIDOS CON FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE DE TRES FASES (TRI-FAFS)	313
Bautista, Luis; Peña, Yury; Gutiérrez, Yusleidy		Maternal, Ecológico con fines de embalaje a partir del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> Y RESIDUOS ORGÁNICOS AGROINDUSTRIALES	324	Durrie, Osvaldo; Sánchez, Lenit; Cárdenas, Marcos; Cañón, Mauricio; Possetti, Gustavo; Aisse, Miguel	
CITOGENÉTICA CONVENCIONAL Y MOLECULAR APLICADAS A PROYECTOS DE FITOMEJORAMIENTO EN <i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.	167	Colmenares, Elic; Bautista, Luis; Oliveros, Cleomary		VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA ESPECTROFOTOMETRÍA MONITOREANDO LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL EN UN REACTOR ANAEROBICO	
Sánchez, Ysbelia; Raymundo, María; Imery, José		Díaz, Janneth	333	Durrie, Osvaldo; Sánchez, Lenit; Cárdenas, Marcos; Cañón, Mauricio; Possetti, Gustavo; Aisse, Miguel	
ESTANDARIZACIÓN Y VALIDACIÓN DE PROTOCOLO PARA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL EN MATERIAS PRIMAS AGROALIMENTARIAS	179	TEOREMAS DE REPRESENTACIÓN DE RELACIONES DE CONSECUENCIA NO MONOTONAS SOBRE SEMIORDENES		ESTIMACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES DE OXOCARBONOS COMO INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA	339
Rodríguez, Uler; Mora, Robert; Herrera, Ana; Valduz, Zuleima		Díaz, Janneth		Merantes, Giberto; Giraud, Loraine	
DIFERENTES MÉTODOS DE CURADO EN PIERNAS DE OVINO MAYOR Y CORDERO	190	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA ESPECTROFOTOMETRÍA MONITOREANDO LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL EN UN REACTOR ANAEROBICO			
Lendvay, Helmut; Casique, Maider		Durrie, Osvaldo; Sánchez, Lenit; Cárdenas, Marcos; Cañón, Mauricio; Possetti, Gustavo; Aisse, Miguel			
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE EVENTOS PRODUCTIVOS EN REBAÑOS BOVINOS DE LECHE	199				
Cuadros, Jean; Usche, Miguel; Zambrano, Ramón					
SOCIO ECONÓMICO					
ANÁLISIS Y CATEGORIZACIÓN DE LOS ERRORES ESTADÍSTICOS EN LOS TRABAJOS DE GRADO	211				
Gandica, Elizabeth					
LA ACCIÓN DEL RECONOCIMIENTO: CLAVE EN EL APRENDIZAJE PROYECTUAL	221				
Rivera, María					
LA ARQUITECTURA DE LOS EDIFICIOS RECREACIONALES CONSTRUIDOS EN SAN CRISTÓBAL (1952-1958)	230				
García, Viviana					
ARQUITECTURA "RETAZOS": LA IMAGEN DEL SECTOR DE BARRIO OBRERO EN SAN CRISTÓBAL, TACHIRA, VENEZUELA	242				
Duque, Yasmin					
EVOLUCIÓN DE LA INFECCIÓN POR VIH EN PACIENTES MEDICADOS CON COINFECCIÓN VIH/HEPATITIS B	253				
Timare, Rossana; Orlando, Giampaolo; Ramoni, Josefá; Valeri, Lenin					
CIENCIAS EXACTAS					
PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE SUERO CONCENTRADO DE QUESO UTILIZANDO LA LEVADURA <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	267				
Betancor, Rafael; Quintero, América; Trujillo, Antonio					

**Vol.
30(2) Congreso Binacional de Investigación**

2018

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

INDUSTRIAL		Vol. 30(2) Continuación	2018	TÍTULO DEL ARTÍCULO	PÁGINA
ESTADO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAS LADRILLERAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE CÚCUTA-COLOMBIA: PROPUESTA DE USO DE INDICADORES	351	EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma asperellum</i> Y MEZCLAS DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) VARIEDAD GRANOLA	444		
Cárdenas, Ricardo; Díaz, Juan; Zambrano, Heidy		Montoya, Carlos; Arias, Karen; Chacón, Hernando; Sulbarán, José; Ramírez, Beatriz			
PERFIL DE COMPETENCIAS DEL MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL	361	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CLON DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) 'ANGOSTUREÑA' EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN EL ESTADO TÁCHIRA	452		
Ugueso, Martha; Madriz, Delia; Castillo, María		Roa, María; Morales, Ender; Linares, José			
DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE FLUJO PARA REFRIGERANTES EN FASE LÍQUIDA BASADA EN IOT	372	EFEITO DE EXTRACTOS DE CLAVO Y CANELA PARA EL CONTROL POSTCOSECHA DE LA ANTRACNOSIS (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) EN LECHOSA (<i>Carica papaya</i>)	463		
Contreras, César; Molina, José; Rivero, Angie; Morales, Alfredo		Roche, Glenny; Pérez, Mayra; Moreno, Bridget; Vera, Rosa			
IMPLEMENTACIÓN DE UN ESTIMADOR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN CON CONTROL VECTORIAL POR MEDIO DE UNA RED NEURONAL	380	DISMINUCIÓN DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Y DEL MOHO BLANCO EN LECHUGA POR EFECTO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE PLANTAS	473		
Belandra, Luciano; González, Jaime		Escalante, Marly; Chacón, José; Suárez, María; Barbosa, Alejandro			
DESARROLLO DE UN SIMULADOR PARA EL ESTUDIO DEL MODELO CINEMÁTICO DE ROBOTS MÓVILES TIPO SKID STEER	393	MODELO DE SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE CULTIVOS: CASO DE ESTUDIO PLANTAS DE LISIANTHUS (<i>Eustoma grandiflorum</i>) CV MARIACHI BLUE	482		
García, Jesús; Vecino, Yossyan		Valery, Alexis; Guerrero, Jean; Molina, José			
MAQUETA SMART CITY CON FINES ACADÉMICOS	404	CARACTERIZACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN CAÑA PANELERA DEL MUNICIPIO CÓRDOBA, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA	482		
Contreras, César		Solórzano, Carmen; Carrero, Yvan	490		
METAHEURÍSTICA HÍBRIDA ENTRE FIREFLY ALGORITHM Y HARMONY SEARCH PARA ENTONACIÓN DE CONTROLADOR PID	413	POTENCIAL RESTAURADOR DE <i>Setaria</i> sp., EN UN SUELO DEGRADADO POR EXPLOTACIÓN MINERA CARBONÍFERA	502		
Aspíec, Catherine; Amaya, Jhoni		Álvarez, Lujmar; Reyes, Isela			
AGROPECUARIA		COMPOSICIÓN Y CALIDAD DEL QUESO GUAYANÉS A NIVEL DE CENTROS DE COMERCIALIZACIÓN	512		
EVALUACIÓN DE <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> Y <i>Bacillus subtilis</i> EN LA PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE Y PIMENTÓN	425	Maldonado, Ronald; Llanca, Luis; Homsí, Wendy; Paiva, Alicia; Román, Yasmin; Calderón, Norely; Istariz, Rosaura; Jiménez, Olymar; Gómez, Lis; Meléndez, Bernavé			
Bautista, Luis; Cordón, Eduard		TRANSFERENCIA DE INMUNOGLOBULINAS CALOSTRALES EN BÚFALOS (<i>Bubalus bubalis</i>)	521		
LOS BIOFERTILIZANTES COMO UNA HERRAMIENTA DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LOS CULTIVOS DEL PIMENTÓN Y DEL CAFÉ	435	Arellano, Eudi			
Sánchez, Argenis; Dávila, Belsy; Briceño, José; Valery, Alexis		SOCIO ECONÓMICO			
		ANÁLISIS FISIOLÓGICO DE LA TRANSICIÓN AERÓBICA-ANAERÓBICA, CON PATINADORES DE CARRERAS POR MEDIO DEL TEST DE CAMPO TIVRE-PATÍN	529		
		Lozano, Rafael; Bustos, Brian; Acevedo, Andrés			
		LA WEBQUEST COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE LAS BASES TEÓRICAS EN UN TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL	536		
		Ruiz, Yovanni			

**Vol.
30(2) Continuación**

2018

TÍTULO DEL ARTÍCULO

PÁGINA

UNA MIRADA A LA TECNOLOGÍA NO CONVENCIONAL ACERO-CONCRETO A TRAVÉS DE LA OBRA DEL ING. JOSÉ ADOLFO PEÑA	547
Hernández, Erika	
MODELO INTERACTIVO DE SIMULACIÓN: PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA EDIFICACIONES ORTOGONALES	558
Vivas, Pablo	
PARTICULARIDADES MORFOLÓGICAS Y CONSTRUCTIVAS DEL CRECIMIENTO VERTICAL EN EDIFICACIONES EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA	568
Villanueva, Luis; Machado, José; Marín, Dulce; Orozco, Enrique	
CIENCIAS EXACTAS	
MORFOLOGÍA DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS EN CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO <i>Heliconia</i> PRESENTES EN DOS MUNICIPIOS DEL ESTADO TÁCHIRA-VENEZUELA	
Castillo, Maicol; Acuña, Elsie; Sanabria, María; Zapata, Yurli	581
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS POLARES DEL SUELO MEDIANTE EL USO DE NaOH/H ₂ O	
Quinonez, Mayuri; Almarza, Jorge; Camargo, Danny; Ruiz, Claudia; Camargo, Daniela; Linares, Clemente	592
EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS TERMOESTABLES (POLARES/APOLARES) DEL SUELO EN AGROECOSISTEMAS DEL ESTADO TÁCHIRA	
Almarza, Jorge; Camargo, Danny; Ruiz, Claudia; Camargo, Daniela; Linares, Clemente	603
CENTRO DE ACOPIO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO SAN CRISTÓBAL, ESTADO TÁCHIRA	
Peña, Héctor; Rodríguez, Karen; Ramírez, Betty; Cárdenas, Mayra	613
EMISIÓNES URBANAS DE DÍÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE COMO INDICADOR FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	
Morante, Gioberti, Giraud, Lorraine	622
EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA EN EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS DE UNA INDUSTRIAL LÁCTEA	
Pimienta, Kleiver; Cárdenas Marcos	642
PROTOTIPO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICIÓN DE METANO A PARTIR DE LA DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA DE EXCRETAS VACUNAS	
Parra, Carlos; Arellano, Juan; Rey, Daniela; Sánchez, Lenis; Cárdenas, Mayra	653



Universidad Nacional Experimental Del Táchira
Revista Científica UNET
San Cristóbal. Táchira - Venezuela
Vol 30 (1): Enero - Junio, 2019