





ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

*No. 12 Enero - Junio 2017*

# *Revista Tecnocientífica URU*



FONDO EDITORIAL BIBLIOTECA

**U**niversidad **R**afael **U**rdaneta

---

***Revista Tecnocientífica URU***

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

2017© Fondo Editorial Biblioteca Universidad Rafael Urdaneta  
Facultad de Ingeniería  
Maracaibo, Venezuela

Coordinación editorial: Lcda. Hosglas Sanchez  
Portada: Lcda. Luz Elena Hernández

SE ACEPTAN CANJES

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta revista en cualquier forma, sin la autorización de los editores.



## ***Revista Tecnocientífica URU***

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

### **Comité Editorial**

Profesor Jubert Pérez	Profesor Luis Rojas
Profesor Sergio de Pool	Profesora Russet Riquelme
Profesores Edixon Gutiérrez	Profesor Cezar García
Profesora Jhanna Brieva	Profesora Jenny Márquez

Profesor Alfredo Villalobos  
Editor – Jefe

Br. María Daniela Uzcátegui  
Asistente Editorial

### **Comité de Asesores**

MSc. Oscar Urdaneta (Venezuela)	Dra. Anali Machado (Canadá)
Dr. Shyam Kalla (India)	MSc. Ramón Cadenas (Venezuela)
Dr. Cezar García (Venezuela)	Dr. Maulio Rodríguez (Venezuela)
Dr. José Sarabia (Venezuela)	Dr. Katsuyuki Nishimoto (Japón)
Dr. José Rincón (Venezuela)	Dr. Jorge Sánchez (Venezuela)
MSc. Zulay Mármol (Venezuela)	Dra. Yaxcelys Caldera (Venezuela)
Dra. Cateryna Aiello (Venezuela)	Dra. Oladis de Rincón (Venezuela)
Dra. Elba Michelena (Panamá)	Dr. Nelson Márquez (Venezuela)
Dr. Rafael Aracil (España)	Dr. Ramón Cova (Canadá)
MSc. Salvador Conde (Venezuela)	Dr. Mourad E.H. Ismail (Estados Unidos)
Dr. Ever Morales (Ecuador)	Dra. Marinela Colina (Venezuela)
Dra. Nola Fernández (Venezuela)	Dr. Freddy Isambert (Venezuela)
Dr. Helí Lugo (Venezuela)	Dr. Miguel Sánchez (Venezuela)
Dr. Ras Patnaik (Estados Unidos)	Dr. Jorge Barrientos (Venezuela)
Dr. Gerardo Aldana (Venezuela)	Dr. Ernesto Cornieles (Venezuela)
Dra. Susana Salinas (Estados Unidos)	MSc. Augusto Galo (Venezuela)
MSc. Lenin Herrera (Venezuela)	MSc. Nerio Villalobos (Venezuela)
Dra. Laugeny Díaz (Venezuela)	

***Revista Tecnocientífica URU*** es un instrumento de divulgación científica adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista arbitrada con periodicidad semestral, contentiva de artículos científicos originales no publicados en las áreas de Ingeniería y Arquitectura y otras disciplinas directamente relacionadas con éstas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación.

La correspondencia debe ser enviada a: Editor Jefe, ***Revista Tecnocientífica URU***.

**Dirección:** Universidad Rafael Urdaneta, Av. 2 c/Calle 86, entrada Sur del Parque Vereda del Lago, Maracaibo, Venezuela.  
Teléf. (58) (261) - 2000887, Fax (58)(261) 2000868. Correo electrónico: [revistatecnocientificauru@gmail.com](mailto:revistatecnocientificauru@gmail.com)

***La Revista Tecnocientífica URU*** está indizada en el Índice y Biblioteca Electrónica de Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología REVENCYT (Código RVR-070).

# **Universidad Rafael Urdaneta**

Dr. Jesús Esparza Bracho, Rector  
Ing. Maulio Rodríguez, Vicerrector Académico  
Ing. Salvador Conde, Secretario

Ing. Oscar Urdaneta  
Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Rómulo Rincón  
Decano (E) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Ing. Jubert Pérez Zabala  
Director de la Escuela de Ingeniería en Computación

Ing. Nancy Urdaneta  
Directora de la Escuela de Ingeniería Civil

Ing. Arnaldo Largo  
Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Ing. Nelson Molero  
Director de la Escuela de Ingeniería Química

Ing. Ana Irene Rivas  
Directora de la Escuela de Ingeniería Industrial

Ing. Carlos Belinskif  
Director de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones

Arq. Carlos Aguilar  
Director de la Escuela de Arquitectura

## Contenido

### Presentación

Método de planos de corte modificado para programación lineal entera en la toma de decisiones cuantitativas.

**Modified cutting-plane method for integer linear programming in the making of quantitative decisions.**

*Jenny Márquez.* 11

Efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde.

**Effect of an organic acidifier in productive parameters of broilers.**

*Diego Parra Rojas, José Parra Rojas y Ramón Urdaneta.* 19

Análisis del censo catastral de la Isla de Zapara, a través de la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, la Ley Orgánica de Seguridad de la Nación y la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario.

**Analysis of cadastral survey Zapara Island, through the Organic Law of Planning, the Law on National Security and the Law on Land and Agricultural Development.**

*Yvonne López de Martínez, Yogry Castillo y Daniela Romero.* 29

Percepción remota del vapor de agua troposférica en zonas adyacentes a estaciones GPS de operación continua utilizando el sensor satelital MODIS.

**Tropospheric water vapor remote sensing by MODIS satellital in zones near continuous operating GPS Stations.**

*Sarai Leal, Víctor Cioce, Giovanni Reyero y Eugen Wildermann.* 41

Análisis elipsométrico de nanoestructuras híbridas semiconductor/ metal: Co/AIN/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y AIN/Co/AIN/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

**Elipsometric analysis of hybrid semiconductor / metal nanostructures: Co/AIN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y AIN/Co/AIN/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

*José Fermín Darío Rincón, Giovanni Marín y Carlos Chesman Feitosa.* 53

Modelo reológico para mezclas fluidas de carbón mineral.

**Rheological model for fluid mixtures of mineral coal.**

*Henry Leal, Pragredes Paredes, José González y César García.* 69

Índice acumulado 77

Normas para la presentación de artículos 89

Guides for submitting articles. 93



## **Presentación**

### **Política de ingreso estudiantil - URU**

La Universidad Rafael Urdaneta consagrada a la tarea de formar sus profesionales al más alto nivel de la Ciencia, Tecnología y Cultura, prestar particular interés al rendimiento estudiantil como indicador de calidad de la Universidad en las mediciones de deserción temprana y tiempo de permanencia del estudiante.

La Universidad Rafael Urdaneta ha estructurado un conjunto de políticas académicas que aseguran la disminución de la deserción temprana y la prosecución exitosa para la finalización de los estudios de pregrado entre 4 y 5 años. La incorporación de tres semestres académicos por año viabiliza en más de 40%, la graduación de profesionales en cuatro (4) años, cerca del 50% de graduados en un período de 5 años. Esta decisión académica reduce el tiempo de permanencia de los estudiantes en el recinto universitario y ofrece a la vez períodos continuos para situaciones de recuperación y mantener el avance en correspondencia al régimen de prelacones del currículo universitario.

La Universidad Rafael Urdaneta presta particular interés a la primera fase del proceso enseñanza-aprendizaje, por significar la transición del Sub-sistema de Educación Media al Sub-sistema de Educación Universitaria. Esta primera fase caracterizada por bajo rendimiento académico y significativa deserción temprana. Resultados de investigaciones sobre rendimiento estudiantil en asignaturas de los primeros semestres de las carreras universitarias, demuestran que los estudiantes que cumplieron un programa de iniciación en las áreas académicas de referencia a las carreras universitarias de selección, aprobaron en más del 60% respecto a la matrícula original.

Bajo las consideraciones anteriores, la Universidad Rafael Urdaneta aprobó en Noviembre de 2016 una nueva política de ingreso estudiantil para todas sus Escuelas: Arquitectura, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Computación, Ingeniería de Telecomunicaciones, Administración de Empresas, Contaduría Pública y Psicología, aplicable a partir del segundo semestre de 2017.

Entre los objetivos de la nueva política de ingreso estudiantil se mencionan:

- i) Mejorar la formación de los bachilleres en las áreas académicas que resulten indispensables para la iniciación efectiva en las respectivas carreras universitarias;
- ii) Capacitar a los bachilleres para su ingreso a la Universidad Rafael Urdaneta a través de un programa integrado y sistemático de competencias académicas y psicosociales denominado Programa de Iniciación Universitaria (PIU);
- iii) Consolidar en el aspirante la carrera universitaria de su preferencia por intermedio de estrategias de orientación vocacional e identificación de las áreas de desempeño y perfiles de la profesión.

El estudiante ingresa a la Universidad Rafael Urdaneta por intermedio de la aprobación del Programa de Iniciación Universitaria, mejora sustancialmente su preparación para los requerimientos aca-

démicos de la carrera universitaria y consigue la ambientación necesaria de la atmosfera URU y sus facilidades para el éxito de la vida universitaria.

**Prof. Cezar García**  
**Miembro del Comité Editorial**  
**Coordinador PIU-URU.**

# Método de planos de corte modificado para programación lineal entera en la toma de decisiones cuantitativas

Jenny Márquez A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela.

<sup>2</sup>Programa de Ingeniería. Núcleo LUZ-COL. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

jenny-astorga@hotmail.com

Recibido: 02-03-2016.

Aceptado: 04-04-2017.

## Resumen

El presente artículo se desarrolló con el fin de proponer un cambio en la metodología que se sigue al aplicar el método de plano de corte que ya se conoce como método de solución de los problemas de programación lineal, el cual facilita la toma de decisiones cuantitativas en casos donde el resultado del modelo matemático de programación lineal deba tener como objetivo variables con valores enteros. Los principales autores consultados fueron: Hillier (2010), Eppen y otros (2000) y Taha (1994), en cuanto a la metodología, su diseño es de campo y por el método se considera un modelo matemático, los resultados muestran los cambios en la metodología utilizada actualmente, además se indica que la aplicación de la metodología propuesta estaría limitada a resolver problemas con dos variables de decisión, sin importar el número de restricciones que tengan los problemas. Dicha propuesta se presenta sobre el hecho de que todas las posibles combinaciones de números enteros que cumplan con las restricciones del mismo y que no afecten la solución inicial del problema, pueden pertenecer al rango de soluciones factibles.

**Palabras clave:** Planos de corte, programación lineal entera, método matemático.

## Modified cutting-plane method for integer linear programming in the making of quantitative decisions

### Abstract

The present article was developed with the objective of proposing a change in the methodology that is followed when applying the cutting plane method, which is already known as a method of solving linear programming problems, which facilitates the making of quantitative decisions in Cases where the result of the mathematical model of linear programming must aim at variables with integer values. The main authors consulted were: Hillier (2010), Eppen et al. (2000) and Taha (1994), in terms of methodology, their design is field and by the method is considered a mathematical model, results show the changes in the methodology currently used, also indicates that the application of the proposed methodology would be limited to solve problems with

two decision variables, regardless of the number of constraints that have the problems. This proposal is presented on the fact that all possible Combinations of integers that meet the constraints of the same and that do not affect the initial solution of the problem, may belong to the range of feasible solutions.

**Keywords:** Cutting-planes, integer linear programming, mathematical model.

## Introducción

La resolución de problemas de programación lineal entera depende de la aplicación de diversos modelos matemáticos cuya implementación está limitada por sus restricciones, es por esto que el presente artículo tiene como objetivo principal proponer una modificación al método de plano de corte o planos cortantes utilizado para resolver problemas de toma de decisiones con modelos de programación lineal de 2 variables de decisión, considerando que las soluciones de dicho método deben cumplir con todas las restricciones o limitaciones que tenga el caso y su valor no puede afectar la solución inicial encontrada a través del método gráfico o método simplex.

Aunado a esto, el hecho de que los métodos de programación lineal entera son métodos de aproximación, lo que permite que la variable de solución tenga cualquier valor, específicamente para los casos donde se tenga que maximizar el valor de la solución que pueda surgir de la aplicación del método en la solución final al aplicar planos de corte, esta solución debe tener un valor menor o igual al valor inicial, para el caso de minimizar debe ser lo contrario.

Según Hillier y Lieborman [1] existen muchos casos prácticos, donde las variables de decisión solo tienen sentido real si su valor es entero. Por ejemplo con frecuencia es necesario asignar a las actividades cantidades enteras de personas, maquinas o vehículos, si el hecho de exigir valores enteros es la única diferencia que tiene un problema con la formulación de programación lineal, entonces se trata de un problema de programación lineal entera

## Fundamentos Teóricos

### Programación lineal entera

Según Eppen et al. [2], existen ciertas situaciones reales donde los valores de las variables fraccionarias no se permiten o no serían lógicas ya que se necesitan con valores enteros, en esas situaciones una solución no entera puede adaptarse al requisito de integralidad redondeándola simplemente o truncando el resultado aproximándolo al entero más próximo, este método produce lo llamado solución redondeada, el uso de este tipo de soluciones es aceptable para aquellos casos en los que el redondeo no tenga importancia significativa, además cuanto más grandes sean los valores de las variables de decisión de la solución de programación lineal, tanto más probable será que una respuesta redondeada en valores enteros resulte aceptable en la práctica.

Para Eppen et al [2], la programación con enteros es una expresión general para describir los modelos matemáticos de programación que incluyen condiciones de integralidad (las condiciones en las cuales se estipula que algunas variables de decisión o todas deben tener valores enteros).

### Métodos para resolver problemas de programación lineal entera

Según Taha [3], aunque se han creado algunos algoritmos para la programación lineal entera, ninguno de ellos es totalmente confiable desde el punto de vista de cálculo, sobre todo cuando el número de variables enteras se incrementa. La experiencia de cálculo de programación lineal entera, después de más de 30 años, permanece imprecisa. La dificultad de cálculo con los algoritmos disponibles ha conducido a los usuarios a buscar otros medios para resolver los problemas.

Además el Taha [3], afirma que existen dos métodos para generar las restricciones especiales que fuercen la solución óptima del problema de programación lineal relajado hacia una solución entera deseada: entre ellas se encuentran el método del plano de corte y el método de ramificación y acotamiento.

En ambos métodos las restricciones agregadas eliminan partes del espacio de solución, pero nunca alguno de los puntos enteros factibles, aunque ninguno de los dos métodos es completamente efectivo.

Izar [4], incluye dos métodos, el método de redondeo de la solución óptima de programación lineal, tal como su nombre lo indica, este método se basa en resolver en primer término el problema como programación lineal y luego redondear la solución obtenida hacia los enteros inmediatos inferiores para casos de maximización y hacia los enteros inmediatos superiores para casos de minimización y el método gráfico, este último tiene una variante con respecto a la solución final ya que luego de aplicar el método gráfico tradicional donde no hay ninguna restricción de valor entero para la solución, acá si se identifican los puntos enteros más próximos al límite de la zona de solución y una opción es unirlos mediante una línea de modo que habrá generado una nueva zona de solución formada por esta línea y los ejes, estando la solución factible en uno de los vértices.

Como se puede observar a continuación, la propuesta que se plantea en este artículo es una modificación del método de plano de corte que ya se conoce; el método original utiliza para la solución inicial el método simplex y la inclusión de nuevas restricciones que deben hacerse al mismo para continuar iterando hasta encontrar la solución entera final, mientras que en la modificación propuesta como se observa en los resultados mostrados más adelante, se utiliza como método base de solución inicial el gráfico, aunque no se desarrolla bajo la misma aplicación del método gráfico mencionado anteriormente por el autor [4], ya que a pesar de obtener la solución inicial del problema a través del gráfico se propone realizar cortes al área de solución factible, haciendo que estos cortes sean nuevas restricciones tal como lo define el método de plano de corte que se desarrolla a través del método simplex.

## **Metodología de investigación**

El diseño de la investigación utilizada para el desarrollo de la presente propuesta es de campo y el método tratamiento matemático.

Según Tamayo [5], la investigación de campo se da cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual su valor radica en que permite cerciorarse de las verdaderas condiciones en las que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas.

Además, el presente artículo es considerado de campo ya que la aplicación del método de planos de corte se realiza directamente sobre los problemas de programación lineal que no cumplen en su solución inicial con la restricción de que las variables deben ser valores enteros.

Por último se considera modelo matemático ya que según Hurtado [6] los modelos matemáticos son aquellos que utilizan los símbolos numéricos y las relaciones matemáticas como medio de representación, por lo general toman la forma de ecuaciones, por lo que en el presente trabajo se muestra un método matemático para resolver un modelo, representando a través de ecuaciones e inecuaciones las posibles soluciones a problemas que se resuelven a través de relaciones matemáticas.

## **Resultados y propuesta**

A continuación se explica la metodología propuesta para la aplicación del cambio del método de plano de corte:

1.- Inicialmente debe resolverse el problema de programación lineal usando el método gráfico (previamente debe formularse el problema según sea el caso para maximización o minimización), al obtener el resultado, como ya se mencionó anteriormente al menos una de las variables de la solución obtenida debe poseer un valor decimal o fraccionario, de lo contrario no tiene sentido la aplicación del método ya que se cumple automáticamente con el hecho de que el resultado debe poseer valores de números enteros.

2.- Luego dependiendo de la solución inicial (una o las dos variables decimales) se aplica el caso 2.1 o 2.2.

### **2.1- Para el caso en el que sólo existe una variable decimal en el resultado inicial:**

2.1.1.- Automáticamente se inicia la aplicación del método con esta variable, es decir se buscan los valores enteros más cercanos a ella, el valor menor y mayor; dichos valores se consideran como líneas rectas paralelas al eje que no se encuentra contemplado en el valor de la variable y se grafican sobre el área obtenida previamente al buscar la solución inicial del problema, por ejemplo:

En un problema cuyo resultado o solución sea  $X_1 = 3.5$  y  $X_2$  es entero,  $X_1$  es la variable decimal, los valores enteros más cercanos son  $X_1 = 3$  y  $X_1 = 4$ , ambos valores van a ser líneas rectas paralelas a  $X_2$  y se grafican como tales.

2.1.2.- Luego de graficar dichas rectas se buscan los puntos de corte o los puntos donde dichas rectas están cortando al gráfico o área de solución del problema (al hacer esto, se considera el hecho de que las líneas rectas que limitan al gráfico son las restricciones del problema, por lo que no se están tomando valores que no puedan estar cumpliendo con esta limitante para la solución aproximada), si el punto donde corta al gráfico tiene alguno de los valores decimales, automáticamente se descarta el punto.

2.1.3.- Si al verificar el valor del punto de corte los valores de las 2 variables dan números enteros, este punto o puntos se sustituyen en la ecuación de la función objetivo del problema para luego comparar el valor de la solución que se va a obtener con el valor de la solución inicial obtenida sobre la que se está aplicando el método, considerando lo siguiente:

2.1.3.1.- para el caso de maximización, la solución obtenida con el método de plano de corte debe ser menor o igual al valor de la solución inicial.

2.1.3.2.- para el caso de minimización, la solución obtenida debe ser mayor o igual al valor de la solución inicial.

Ambas consideraciones se hacen ya que al resolver el problema de programación lineal, usando el método gráfico o el método simplex, se obtiene la solución óptima al problema haciendo la salvedad que no está cumpliendo con la restricción de que ambas variables deben tener como valor final números enteros y por ende la solución que se pueda obtener por cualquier otro método no debe ser ni mayor en el caso de maximizar ni menor en el caso de minimizar a los valores obtenidos previamente.

2.1.4.- Si al sustituir los puntos que puedan surgir luego de sustituir los valores enteros que se están tomando como rectas, resulta que más de un valor de estos puntos en la solución inicial cumplen con el paso anterior, se toma como solución del problema, aquel valor que este más cercano a la solución inicial.

2.1.5.- Si al sustituir los puntos que puedan surgir luego de sustituir los valores enteros que se están tomando como rectas, resulta que ninguno de los valores de estos puntos en la solución inicial cumplen con los pasos 2.1.3.1 o 2.1.3.2 se dice entonces que el problema no tiene solución entera por este método.

### **2.1- Para el caso en el que las dos variables son decimales:**

2.1.1.- Para este caso se buscan los valores enteros más cercanos a ambas variables, los valores menores y mayores; dichos valores se consideran líneas rectas paralelas a los ejes y se grafican sobre el área obtenida previamente que resulta al buscar la solución inicial del problema; quedando como resultado un rectángulo, ya que al graficar todos los valores se está rodeando al punto de solución inicial, el cual debe quedar en la parte interna de dicho rectángulo.

2.1.2.- Luego de graficar dichas rectas se buscan los vértices del rectángulo que quedan en el área interna del rectángulo o que tocan al mismo, (al hacer esto se considera el hecho de que las líneas rectas que limitan al grafico son las restricciones del problema por lo que acá no se están considerando valores que no puedan estar cumpliendo con esta limitante para la solución aproximada), si el(los) punto(s) donde corta el grafico tiene(n) alguno(s) de los valores decimales, automáticamente se descarta el punto.

2.1.3.- Si al verificar el valor del punto de corte, los valores de las 2 variables dan números enteros, este punto o puntos se sustituyen en la ecuación de la función objetivo del problema para luego comparar el valor de la solución que se va a obtener con el valor de la solución inicial obtenida sobre la que se está aplicando el método, considerando lo siguiente:

2.1.3.1.- para el caso de maximización, la solución obtenida con el método de plano de corte debe ser menor o igual al valor de la solución inicial.

2.1.3.2.- para el caso de minimización, la solución obtenida debe ser mayor o igual al valor de la solución inicial.

Ambas consideraciones se hacen ya que al resolver el problema de programación lineal para obtener una primera solución, usando el método gráfico o el método simplex se está obteniendo la solución óptima al problema solo que no está cumpliendo con la restricción de que ambas variables deben poseer números enteros.

2.1.4.- Si al sustituir los puntos que puedan surgir luego de sustituir los valores enteros que se están tomando como rectas, resulta que más de un valor de estos puntos en la solución inicial cumplen con el paso anterior se toma como solución del problema aquel valor que este más cercano a la solución inicial.

### **Ejemplo de aplicación del método de planos de corte modificado**

**El problema a resolver es un caso en el que la solución que se obtiene como resultado inicial posee una variable decimal (caso ficticio solo para ejemplificar el método propuesto).**

En una pastelería el principal problema que se presenta en el área de producción es el desperdicio de producto al final del día. El producto que no se vende durante la jornada se bota o se desecha, ya que éste es inaceptable para la venta. Esto genera pérdidas para la empresa. Ante eso, la empresa necesita determinar el volumen de la producción adecuado para obtener el mayor beneficio posible y disminuir las pérdidas de materia prima

En repostería, los productos de mayor venta y producción son los pastelitos dulces y enrollados de leche condensada. Son elaborados con el mismo tipo de pasta (de hojaldre); La demanda de estos productos no es constante, y por lo tanto, la empresa no tiene métodos para estimarla ni determinar las cantidades por producir.

En la tabla No.1 se presentan los costos y precios de venta por unidad de repostería producida. Se consideran restricciones de producción, la pasta disponible (75 kg), las horas hombre (45 h-h) y la capacidad de almacenamiento (45 metros).

**Tabla No. 1. Costos, precios de venta y ganancias para cada uno de los principales productos**

Productos	Costo	Precio de venta	Ganancia
Pastelitos dulces (Variable X)	107 Bs	110 Bs	3 Bs
Enrollado de leche condensada (Variable Y)	99 Bs	100 Bs	1 Bs

La empresa cuenta con registros de los consumos de los dos productos, los cuales se han presentado los resultados en la siguiente tabla:

**Tabla No.2. Datos de consumo de insumos**

Insumos	Pastelitos dulces (consumo de insumo)	Enrollados de leche condensada (consumo de insumo)
Pasta (Kg)	1 kg/ pastelitos	2 kg/enrollados
Mano de obra (hh)	2 hh/pastelitos	3 hh/ enrollados
Almacenamiento (m)	1m/ 100 pastelitos	2 m/ 100 enrollados

Se requiere maximizar las ganancias por concepto de la venta de estos 2 productos los cuales corresponden a los principales productos en cuanto a volumen de producción y la utilidad que generan para la empresa; es decir, se debe obtener un valor óptimo de producción para los productos ya especificados. De esta forma, se lograría cubrir la demanda y evitar o disminuir los desperdicios.

Luego de identificar el problema y formularlo, siguiendo la metodología de programación lineal (no explicado en este artículo, ya que son procedimientos previos a la aplicación del método propuesto), resulta el siguiente problema:

La función objetivo del problema resulta como la maximización de las ganancias de sus 2 productos principales (en función y 4 restricciones entre ellas incluidas el hecho de que las variables deben ser positivas y enteras, como se pueden ver en las siguientes ecuaciones e inecuaciones:

$$\text{Max } Z = 3X + Y \text{ (maximizar la ganancia)} \quad (1)$$

Sujeto A: (restricciones)

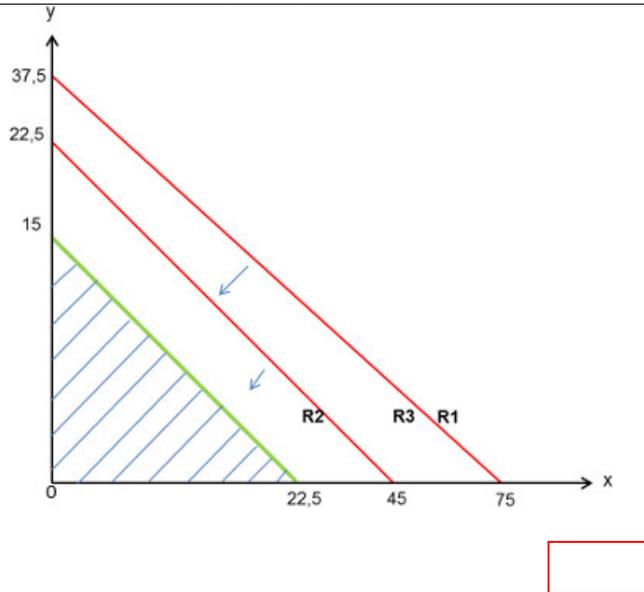
$$\text{R1. } X + 2Y \leq 75 \text{ (pasta disponible)} \quad (2)$$

$$\text{R2. } 2X + 3Y \leq 45 \text{ (horas hombre)} \quad (3)$$

$$\text{R3. } X + 2Y \leq 45 \text{ (almacenamiento)} \quad (4)$$

$$\text{R4. } X, Y \geq 0, \text{ enteras} \quad (5)$$

1. Se obtiene como solución inicial al problema anterior aplicando cualquiera de los métodos conocidos como métodos de solución de problemas de programación lineal (método gráfico, método simplex o aplicando solver en Excel), siendo el área rayada el área de solución del problema resultando lo siguiente:



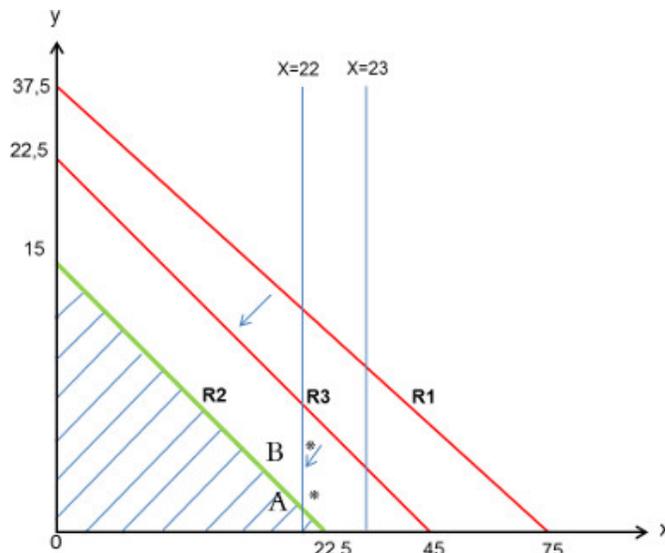
Solución inicial

$X = 22,5$  pastelitos;  $Y = 0$  enrollados;  $Z = 67,5$  la ganancia máxima

**Figura 1. Solución inicial, método gráfico**

Como se observa en la solución inicial (figura 1), una de las variables en la solución del problema tiene un valor decimal ( $X = 22,5$ ), así que es por esta variable que se inicia la aplicación del método de plano de corte modificado.

Para la aplicación del método se observa que los valores enteros más cercanos a la variable  $X_1 = 22,5$  son 22 y 23, se grafican como rectas:



**Figura 2. Método de plano de corte modificado**

Siguiendo la metodología se buscan los puntos de corte de las rectas graficadas sobre el área que contempla la solución, en este caso los asteriscos marcan dos posibles puntos (\*), se deben verificar los valores de Y para dichos puntos (es decir sus coordenadas), se identifican con las letras A y B a dichos puntos, las coordenadas de A (22,0) y las de B (22,11.5).

Se observa que solo uno de los dos puntos da como resultado valores enteros en ambas coordenadas (en este caso A), ahora se busca el valor de Z (sustituyendo las coordenadas en la función objetivo),  $Z = 66$  (máxima ganancia obtenida).

A continuación se compara el valor de z obtenido luego de aplicar el método de planos de corte modificado con el valor inicial de la función objetivo, para el caso de maximizar este valor es menor, así que este resultado es óptimo ya que cumple con todas las restricciones del problema y el valor de Z es menor a la solución inicial.

Siendo la nueva solución  $Z = 66$  (máxima ganancia),  $X = 22$  pastelitos a producir,  $Y = 0$  enrollados (es decir no se producen enrollados).

## Conclusiones

Con la metodología propuesta se obtiene un resultado aceptable ya que como método de aproximación de programación lineal entero es sencillo, acotando que cuando el problema solo debe tener 2 variables de decisión.

Para el caso en el que la solución inicial posea una variable decimal, es necesario que para ser precisos en los valores de las variables que se obtienen luego de la aplicación de planos de corte, se calculen los valores de los cortes de las rectas con en el gráfico realizando un sistema de ecuaciones (en caso de ser necesario).

Para el caso en el que los valores de las dos variables al aplicar el método gráfico sean decimales, es más sencillo obtener los valores resultantes al aplicar planos de corte ya que, sólo serían considerados los valores de los vértices del rectángulo que se forma al graficar las aproximaciones de estos valores decimales.

Como se pudo observar, el método de planos de corte modificado da como resultados valores aproximados al resultado óptimo para un problema de programación lineal que cumplen con todas las restricciones del caso.

## Bibliografía

Hillier F. y Lieberman G., *Introducción a la investigación de operaciones*, 9na edición, México (2010).

Eppen G., Gould F., Schmidt C., Moore J., Weatherford L., *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*, 5ta Edición, México (2000).

Taha H., *Investigación de operaciones*, 5ta Edición, México, (1994).

Izar, J., *Investigación de operaciones*, 1era Edición, México (2008).

Tamayo, M., *El proceso de la Investigación Científica*, México (2004).

Hurtado J., *Metodología de la investigación*, 4ta edición, Caracas (2010).

# Efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde

Diego Parra Rojas, José Parra Rojas y Ramón Urdaneta

Escuela de Ingeniería de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Rafael Urdaneta.  
Maracaibo, Venezuela.  
nelinap@hotmail.com

Recibido: 07-06-2016

Aceptado: 04-04-2017

## Resumen

Se realizó un ensayo en una granja perteneciente a Agro-Avícola Palermo, localizada en el sector La Mancha, vía Sabana Perdida de la Parroquia Concepción, Municipio La Cañada de Urdaneta. Corresponde a la zona de vida: Bosque Muy Seco Tropical (BMS-T). Se utilizaron 10.000 pollos de la línea Cobb o Ross, los cuales fueron distribuidos en 2 galpones. Los pollitos se obtuvieron previamente vacunados en la empresa Kiri, contra Bronquitis infecciosa (BI) y Newcastle. Se alojaron por el término de 6 semanas, durante los meses de enero y febrero, en un galpón experimental equipado para el ensayo. El galpón con piso de cemento, cortinas para regular la temperatura interna, con 60 comederos para 1.000 aves y 80 bebederos para 1.000 aves. Además, un ventilador para 800 pollos. A toda la población se le practicó un plan sanitario idéntico. Los tratamientos evaluados fueron: T1: Acidificante orgánico y T2: Testigo. Se utilizó como acidificante el vinagre, a la dosis de 300cc/1000 lt de agua. El modelo estadístico utilizado fue un completamente al azar con dos tratamientos. El análisis de los resultados indicó que el acidificante no tuvo efecto sobre la ganancia de peso de los pollos. El mayor peso fue logrado por el T1 (acidificante orgánico) sobre tratamiento testigo sin la presencia de acidificantes, sin embargo no se detectaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). No se detectaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) respecto a la conversión alimenticia, en ambos tratamientos la conversión fue igual. El más alto consumo de alimento lo tuvo el T1 con acidificante orgánico y el tratamiento de menor consumo fue el testigo sin la adición de ningún acidificante. El mayor porcentaje de mortalidad se encontró en el T2 (testigo).

**Palabras claves:** Acidificante orgánico, vinagre, ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y mortalidad.

## Effect of an organic acidifier in productive parameters of broilers

### Abstract

A trial was conducted in a farm belonging to Agro-avícola Palermo, located in the sector of La Mancha, via Savannah lost of conception parish, La Canada de Urdaneta municipality. Corresponds to the area of life: very dry Tropical Forest (BMS-T). 10,000 line Cobb or Ross chickens, which were distributed in 2 warehouses were used. Chicks were previously vaccinated in the company Kiri, against bronchitis infectious (BI) and Newcastle. They stayed for a period of 6 weeks, during the months of January and February, in an experimental shed equipped to test. The barn with cement floor, with 60 1,000 bird feeders and drinkers 80 to 1,000 birds.

In addition, a fan for 800 chickens. The entire population underwent an identical health plan. The evaluated treatments were: T1: organic Acidificante and T2: witness. The vinegar, a dose of 300cc/1000 lt of water was used as acidifying. The statistical model used was a completely randomly with two treatments. The analysis of the results indicated that the acidifying had no effect on the weight gain of chickens. The highest weight was accomplished by the T1 (acidifying organic) about treatment witness without the presence of acidifiers, however there was no significant difference ( $P > 0.05$ ). We detected no significant differences ( $P > 0.05$ ) in regard to feed conversion, conversion in both treatments was the same. Higher consumption of food did the T1 with acidifying organic and treatment of lower consumption witnessed without the addition of any acidifier. The highest percentage of mortality was found in T2 (witness).

**Key words:** Organic acidificante, vinegar, weight gain, feed conversion, consumption of food and mortality.

## Introducción

En el mundo actual la cría intensiva de pollos de engorde está cada vez más condicionada por factores importantes, como son la mejora genética de los animales en cuanto a su velocidad de crecimiento, aprovechamiento del alimento y la creciente intensificación de la cría que conlleva el aumento de la densidad en granja, lo que exige una mejora en el manejo.

La mejora en la velocidad de crecimiento que se contabiliza en un día de acortamiento de la crianza, obliga a trabajar cada vez con animales menos maduros, más jóvenes y a los que se exige que la mayor parte de su vigor biológico se dirija hacia el crecimiento y al factor resistencia, sobre todo en cuanto a sistema inmunológico se refiere, es cada vez menor.

Los productores y fábricas de alimento, se ven cada vez más presionados por normas legislativas para reducir el uso de los químicos especialmente de los antibióticos como promotores del crecimiento. La Comunidad Europea, ha tomado acciones que prohíben la inclusión de los antibióticos como promotores de crecimiento (APC), en los alimentos para pollo de engorde y otras especies de origen animal, obligando a los nutricionistas a buscar nuevas fuentes de aditivos que por una parte sean inofensivos para el animal y para el humano, y por otro lado, que tengan efectos similares a los APC.

La economía del país hace que el hombre acepte por su bajo costo y por su alto contenido proteico a la carne de pollo como la mejor alternativa para su alimentación. Para ello, la biotecnología y la nutrición animal (avícola) han buscado nuevas alternativas, como un producto con características orgánicas que cumpla la función de promotor de crecimiento y acidificante del tracto intestinal, garantizando sanidad intestinal, y mayor absorción de nutrientes, con el fin de proveer un producto que garantice la salud humana.

El sector avícola se enfrenta a muchos desafíos, uno de ellos la eficiencia, para producir alimento constante libre de problemas, que no ponga en riesgo la salud humana que es el máximo consumidor. La producción avícola se ve afectada por la presencia y el ataque de microorganismos patógenos, (*Salmonella* spp, *E. coli*, entre otras), que de una u otra manera afecta a la salud del animal y exige la utilización de productos químicos para combatirlas, cuyos residuos traerán problemas para la salud del hombre.

Cada vez es más amplio el uso de acidificantes en todas las especies de animales domésticos, debido a la nueva tendencia de prohibición de promotores de crecimiento, en la UE, se han buscado nuevas alternativas el uso de los ácidos orgánicos: ácido propiónico y ácido fórmico, en la formulación de raciones alimenticias, para pollos de engorde. Los cuales han demostrado más estabilidad y más homogeneidad en la obtención de resultados por lo cual se plantea como buena alternativa la utilización de ácidos orgánicos, usados como agentes preservantes de alimento terminado. Estos inhiben el crecimiento de muchas bacterias y reduce el riesgo que significa para las aves.

La ligera baja de pH observada en el sistema digestivo del ave inhibe patógenos importantes como Salmonella, Coliformes y favorece la microflora intestinal, este micro ambiente intestinal además mejora los procesos digestivos al suplementar las secreciones gástricas ácidas, promoviendo la conversión de pro enzimas a su forma activa y permitiendo a las enzimas digestivas trabajar a un pH óptimo. La acidificación favorece e intensifica las funciones biológicas naturales de aves para producir no solo un incremento de la viabilidad, ritmo de crecimiento y eficiencia alimentaria sino también mejor uniformidad del lote.

De allí que, el uso de un producto acidificante permite la manipulación de la población microbiana intestinal, su beneficio viene dado por la menor incidencia de enfermedades y un aumento de la eficiencia en la producción. Es por esta razón que en la presente investigación se planteó como objetivo evaluar el efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde en granjas del Municipio La Cañada de Urdaneta del Estado Zulia.

## Marco Teórico

Pojota (2011) [1], evaluó el efecto del acidificante orgánico en la crianza de pollos broiler, obteniendo así un incremento de peso, mejorando las producciones zootécnicas y ofrecer una mayor rentabilidad en la explotación avícola. La investigación se llevó a cabo en la parroquia de Tumbaco, ubicada al nororiente de la Provincia de Pichincha, Ecuador.

Se utilizaron 180 pollos Broiler de raza Ross 308 de un día de nacidos, distribuidos en 3 tratamientos con dos grupos experimentales y un testigo. Cada grupo experimental estuvo conformado por 60 aves, las mismas que fueron divididas en tres repeticiones de 20 aves. Cada grupo se trató con ácidos orgánicos (CIDOMIX PLUS). Al primer grupo de 60 aves se colocó como dosis continua de Cidomix 0.2ml/litro agua; al segundo grupo se colocó una dosis continua de Cidomix 0.3ml/litro agua. El grupo Testigo estuvo conformado por 60 aves, distribuidos en tres repeticiones de 20 aves, cada una fueron tratadas con antibiótico.

Se aplicó el muestreo al azar en bloques, más un grupo testigo. Según el análisis de los datos estadísticos, se concluyó que el uso de Ácidos Orgánicos (CIDOMIX PLUS); produjo excelentes resultados en la Producción Aviar, permitiendo observar semana tras semana, ganancias de peso marcadas, con un buen consumo de alimento, lo cual indujo a conversiones bajas. Con los resultados finales quedó por asentado que el grupo más sobresaliente fue el Experimental No.2 logrando un índice de Conversión Alimenticia incomparable de (1.70); al mismo que se administró una dosis continua de 0.3ml/litro agua; seguido por el Grupo Experimental No.1 con una conversión de (1.72), cuya dosis fue de 0.2ml/litro de agua; y por último el Grupo Testigo presentando una conversión de (1.78).

Los porcentajes de mortalidad fueron para el grupo Ex1 de 0%; para el grupo Ex2 de 0%; y para el Grupo Testigo de 1,67%; concluyendo de esta manera con una producción muy satisfactoria y rentable para el avicultor. Finalmente el consumo de alimento se redujo sin afectar en absoluto el peso final del ave, dicho parámetro no estuvo contemplado, ya que se pretendía obtener un buen peso; en el tiempo exacto; con buenos índices de conversión y baja mortalidad; favoreciendo a la rentabilidad del avicultor sin que disminuya el consumo de alimento.

Jaramillo (2011) [27], evaluó el efecto de un ácido orgánico (Ácido fumárico) y un prebiótico comercial (Fortifeed®), y la combinación de éstos frente a un antibiótico promotor de crecimiento (Bacitracina de Zn) y un control, en el alimento de pollos de engorde, determinando los parámetros productivos y salud intestinal.

Se evaluaron cinco tratamientos: un tratamiento control sin aditivos experimentales, un tratamiento con Bacitracina de Zn (300 g/ T), otro con ácido fumárico (5000 g/T), prebiótico comercial (600 g/T)

y la mezcla del ácido orgánico y el prebiótico en pollos de engorde machos. Se aplicó un Análisis de Varianza de una vía, utilizando la prueba de Tukey para determinar diferencias entre tratamientos. Para analizar el efecto de los diferentes aditivos se realizaron tres bioensayos: Para el primer bioensayo se utilizaron pollos machos de la estirpe Ross 308 de un día de edad, en el que se evaluaron dos fases: en una de ellas se analizaron los parámetros productivos y costos, y en la otra el crecimiento alométrico de órganos digestivos, morfometría intestinal del yeyuno, pH intestinal y bacterias intestinales del íleon. Para determinar el efecto de los mismos aditivos también se evaluaron en pollos machos de la estirpe Cobb 500, analizando los parámetros productivos, crecimiento alométrico y pH intestinal, utilizando alimentación controlada.

Los resultados obtenidos en las dos estirpes estudiadas mostraron los mejores resultados productivos en los tratamientos con antibiótico, la mezcla y el prebiótico, siendo más marcados para el tratamiento con prebiótico para la estirpe Cobb. No se encontró diferencias estadísticas en la mortalidad en las dos estirpes, mientras que en los rendimientos en canal tuvieron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) en la estirpe Hybro a favor de la mezcla de aditivos, más no en la estirpe Cobb. La alimentación controlada en la estirpe Cobb afectó negativamente la conversión alimenticia comparada con la Hybro. Los ingresos marginales fueron superiores para el antibiótico y prebiótico.

En cuanto a los crecimientos alométricos fueron afectados estadísticamente ( $P < 0,05$ ) para el intestino delgado e hígado en la estirpe Ross y Cobb además del páncreas para ésta última. La longitud de las vellosidades y perímetro aparente también fueron estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ) en los tratamientos con prebiótico, la mezcla y antibiótico los cuales se correlacionan con los rendimientos productivos.

El ácido orgánico afectó los valores de pH del intestino ( $P < 0,05$ ) en las dos estirpes lo cual pudo incidir en menores poblaciones de *E. coli* y Coliformes. Se concluye que hubo un efecto sinérgico de la mezcla de aditivos comparado con el ácido orgánico, sobresaliendo las menores poblaciones de *E. coli* para el tratamiento con prebiótico, posiblemente por un efecto de exclusión competitiva por un mayor crecimiento de Bifidobacterias y Lactobacilus. El tratamiento con antibiótico no disminuyó las poblaciones de *E. coli* y Coliformes como se ha encontrado en otras investigaciones.

Carrión (2012) [3], realizó el estudio comparativo de dos acidificantes (Acid mix- Tegacid AVL), en el incremento de peso, consumo de alimento, y conversión alimenticia en pollos parrilleros. Se utilizaron 300 pollos (Ross 308 de un día de nacidos). El mayor peso fue logrado por el tratamiento dos ACID-MIX tres días por semana hasta los 21 días, con 2755,2 g, seguido del tratamiento cuatro 2735,2 g TEGACID-AVL tres días por semana hasta los 21 días; luego el tratamiento tres, con 2601 g; y el último, tratamiento testigo sin la adición de acidificantes.

Amaguaña (2012) [4], realizó una investigación con el objetivo de conocer los beneficios del uso de los acidificantes en la producción avícola, ya que la preocupación del avicultor, es brindar al mercado animales sanos y libres de medicamentos que podrían afectar la salud humana, es así que los acidificantes intervienen en las dietas alimenticias preservándola, ya que estos son atacados por microorganismos patógenos como hongos, bacterias, etc.

Además reduce el pH en el tracto gastrointestinal, evitando de esta manera un ambiente propicio para la proliferación de los microorganismos patógenos, que afectan la salud y bienestar del animal, impidiendo el apareamiento de enfermedades como la *Escherichia coli*, Salmonelosis, diarreas, etc., que provocan la muerte de los animales, incidiendo así en la producción.

Las dosis o niveles aceptables del uso de estos suplementos, está de acuerdo al producto comercial, especialmente el ácido orgánico que se utilice, una mala utilización, puede presentar dificultades de manejo, ya que son sustancias corrosivas, y al usar en dosis elevadas, pueden afectar negativamente a la palatabilidad de los alimentos y disminuir su ingestión, y una excesiva acidificación (por debajo de 3,5), conlleva a una supresión parcial de la secreción de ácido láctico, y la escasa secreción de ácido clorhídrico.

co, favoreciendo un medio adecuado para el desarrollo de bacterias patógenas. Y al usar correctamente junto a medidas nutricionales, de manejo y bioseguridad, pueden ser una herramienta poderosa, ya que además de mantener la salud del tracto gastrointestinal, mejora su rendimiento zootécnico.

Barocio (2012) [5], evaluó la adición del ácido butírico protegido (AB) como butirato de sodio (BS), en la alimentación del pollo de engorde sobre los parámetros productivos y análisis económico. Se utilizaron 1000 pollitos sexados (50% hembras y 50% machos), los cuales se mantuvieron en producción hasta los 49 días de edad. Se distribuyeron completamente al azar en un diseño factorial 2 x 2 con 5 repeticiones de 50 aves cada una.

Los tratamientos consistieron en un control, con un alimento sin BS y otro con la adición de BS a una dosis de 500-500-250 g/t en la etapa de iniciación, crecimiento y finalización respectivamente. Los tratamientos fueron administrados tanto en hembras como en machos y las dietas no contenían antibióticos como promotores de crecimiento.

Los resultados finales mostraron un aumento ( $P < 0.01$ ), del peso corporal en las aves que consumieron la dieta con BS en relación con el tratamiento control (2601 vs 2665 g), este aumento también se presentó en los machos (2466 vs 2807 g) con relación a las hembras, manifestándose interacción entre los tratamientos y sexo, siendo los machos con la adición de BS los que registraron las mejores respuestas.

El consumo de alimento registró diferencias ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos (4879 vs 5017 g), sexo (4604 vs 5308g) e interacción, mostrando los machos con la adición de BS, los de mayor consumo, sin presentar diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos y sexo en la conversión de alimento y en el porcentaje de mortalidad. No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el costo por kilogramo de peso vivo producido con la adición del BS, se observaron efectos ( $P < 0.06$ ) entre sexos (13.72 vs 13.56 MN), mostrando los machos los mejores resultados. Por lo que se concluye que la adición de BS en dietas de pollo de engorde, es un aditivo que favoreció el crecimiento corporal en un 2.46%, sin embargo, no representó una mejora económica, probablemente debido al costo del producto comercial, por lo que se sugiere realizar más trabajos al respecto, con menores dosis para observar su respuesta productiva y costo beneficio.

González y col. (2013) [6], evaluaron el efecto de la suplementación de una mezcla de ácidos orgánicos y sus sales sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. Se utilizaron 333 pollos machos de un día de edad de la línea Cobb-Vantress 500, divididos en tres tratamientos con tres repeticiones por tratamiento: T1, dieta con antibiótico Zinc Bacitracina; T2, dieta con ácidos orgánicos, y T3, tratamiento control, dieta sin promotor de crecimiento.

A los 42 días de edad, la conversión alimenticia de T2 fue 5.2% menor que T3 ( $p < 0.05$ ); sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos por efecto del peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, porcentaje de mortalidad e índice de eficiencia productiva. Los resultados permiten concluir que los ácidos orgánicos pueden remplazar eficientemente a los promotores de crecimiento tipo antibióticos en la alimentación de las aves.

Los acidificantes son ácidos orgánicos o inorgánicos, naturales o sintéticos, debidamente establecidos, cuya principal función es mejorar la disponibilidad y calidad de los nutrientes suministrados a las diferentes especies y mantener un buen balance microbiano en el trato digestivo de los animales. Estos aditivos, en combinación con los ácidos orgánicos endógenos producidos por la rápida fermentación de los hidratos de carbono presentes en la dieta pueden modificar el desarrollo y la colonización de la microflora intestinal, los niveles de proliferación de células epiteliales y/o el desarrollo de los animales monogástricos. (Perpiñan, 2003) [7].

El término ácido orgánico engloba aquellos ácidos cuya estructura química se basa en el carbono, es decir a aquellas sustancias que poseen al menos un grupo carboxilo (-COOH). Por su solubilidad, sabor y baja toxicidad, los más utilizados como conservadores o acidificantes en producción animal son

el fórmico, propiónico, acético, láctico, cítrico, fumárico y ascórbico. Los cuatro primeros se encuentran en forma líquida lo cual les hace idóneos para administrar en el agua de bebida.

Los acidificantes, principalmente los ácidos orgánicos aparecen en la lista de aditivos autorizados por la Unión Europea, dentro del grupo de los “conservantes”, y se permite su uso en todas las especies animales. Estos ácidos, pueden considerarse sustancias seguras, ya que no abandonan el tracto digestivo y por ello no pueden dejar residuos en los productos animales. El principal inconveniente que plantea su uso es que presentan dificultades de manejo debido a que son sustancias corrosivas. Asimismo cuando se utilizan en dosis elevadas pueden afectar negativamente a la palatabilidad de los alimentos disminuyendo su ingestión y su elevado costo.

La alternativa actual es combinar dosis bajas de estos productos con otros aditivos (probióticos, aceites esenciales, entre otros) que presenten acciones similares en el tracto digestivo de los animales. El uso de ácidos orgánicos parece captar mayoritariamente la atención. Este tipo de ácidos estimula las secreciones enzimáticas, disminuye el peristaltismo y reduce la acción de los microorganismos enteropatógenos por cambio de pH. Además, ha sido utilizado como preservante de alimentos balanceados y de ingredientes durante años.

La utilización de acidificantes (ácidos orgánicos e inorgánicos) en la alimentación de aves permite obtener aumentos de su ritmo de crecimiento. En los últimos años se ha impuesto el uso de ácidos orgánicos (fórmico, láctico, acético, propiónico, cítrico, málico y fumárico) y de sus sales frente a los ácidos inorgánicos debido a su poder. Los efectos de los ácidos orgánicos son más importantes en las primeras semanas de vida de los animales, cuando aún no han desarrollado totalmente su capacidad digestiva.

Los ácidos orgánicos mejoran el proceso digestivo en el estómago, de tal forma que disminuye el tiempo de retención del alimento y aumentando una mejor absorción, a la vez que se previenen los procesos diarreicos. Por otra parte, los ácidos orgánicos pueden ser absorbidos por el animal representando así una fuente adicional de nutrientes. Los ácidos orgánicos pueden también inhibir el crecimiento de determinados microorganismos digestivos patógenos, ya que reducen el pH del tracto digestivo y además tienen actividad bactericida y bacteriostática.

Para las aves, la acidificación de los alimentos permite modular de manera positiva y natural la flora bacteriana del intestino en perjuicio de las bacterias patógenas. También, se tiene en cuenta el efecto metabólico de los ácidos orgánicos en otros parámetros nutricionales. En situaciones de estrés como traslados, vacunaciones, temperaturas extremas, cambios en la dieta y enfermedad, las aves comienzan a hiperventilar causando una alcalosis en el organismo.

Respecto a los nutrientes minerales la presencia de ácidos orgánicos favorece su absorción, lo cual supone un importante beneficio. Además, la presencia de cantidades importantes de hierro limita el estrés. El efecto bactericida de los acidificantes tiene interés principalmente en el intestino delgado y los ciegos.

## **Metodología**

El ensayo se realizó en granja Agro-Avícola Palermo, localizada en el sector La Mancha, vía Sabana Perdida de la Parroquia Concepción, Municipio La Cañada de Urdaneta. Corresponde a la zona de vida: Bosque Muy Seco Tropical (BMS-T). La unidad experimental estuvo conformada por 10.000 pollos de la línea Cobb o Ross, los cuales fueron distribuidos en 2 galpones.

Los pollitos se obtuvieron previamente vacunados en la empresa Kiri, contra Bronquitis infecciosa (BI) y Newcastle. Se alojaron por el término de 6 semanas, durante los meses de enero y febrero, en un galpón experimental equipado para el ensayo. El galpón con piso de cemento, dividido en jaulas con 60 comederos para 1.000 aves y 80 bebederos para 1.000 aves tipo plason automático. Además, un ventila-

por para 800 pollos. El mismo aporte nutricional en el alimento fue proporcionado a cada repetición, al igual que un sistema de iluminación de 12 horas de luz natural y 12 horas nocturnas.

A toda la población se le practicó un plan sanitario idéntico donde se aplicaron las vacunas de Bronquitis infecciosa a los 7 días en el agua de bebida y a los 18 días de nuevo la vacuna Newcastle y Gumboro. Además se le practicaron tratamientos preventivos con electrolitos e hidratante el mismo día de la recepción, así como tratamientos con macrolitos para bajar la carga micoplasmática, repitiéndose el tratamiento a los 18 y a los 26 días para evitar mortalidades diferentes al calor, también se les aplicó un tratamiento polivitamínico estimulante del apetito y para subirle las defensas a las aves.

Los tratamientos evaluados fueron T1: Acidificante orgánico (vinagre) y T2: Sin acidificante orgánico (Testigo). Se utilizó como acidificante el vinagre, a la dosis de 300cc/1000 lt de agua. El modelo estadístico utilizado fue un completamente al azar con dos tratamientos. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial a través del paquete estadístico STATISTICS, para comparar las variables dependientes en estudio.

## Resultados y discusión

**Tabla 1 Ganancia peso semanal por tratamiento**

Tratamiento	Media (grs)	Desviación
1	369,33	68,654
2	339,16	40,768
Promedio	354,25	48,944

El T1 alcanzó mayor peso semanal sobre el T2, no encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. Esta reacción pudo deberse al efecto del agente acidificante orgánico, al bajar el pH del tracto gastrointestinal, inhibiendo de este modo el desarrollo de bacterias patógenas.

Estos resultados concuerdan con los datos reportados por Sarango (2005) cuyos tratamientos con acidificantes resultaron mejores que el testigo, indicando que el mayor peso fue logrado por el tratamiento dos (ACID-MIX), así como también coinciden con lo reportado por Naranjo (2010) en la cual el acidificante utilizado resultó mejor que el testigo.

**Tabla 2 Consumo semanal promedio por tratamiento**

Tratamiento	Media (kg)	Desviación
1	3540,00	197,077
2	3512,00	197,740
Promedio	3526,00	189,997

El consumo de alimento se registró semanalmente, durante todo el ensayo y en cada uno de los tratamientos. En la tabla 2 se observan los resultados para el consumo semanal promedio por tratamiento, donde el T1 (3540,00 kg) alcanzó un mayor incremento sobre el T2 (3512,00 kg), siendo estadísticamente no significativo.

Estos resultados coinciden con Salazar (2010), quien reportó un mayor consumo de alimento en el grupo que recibió el acidificante orgánico. Estos resultados son el producto de la lógica del aporte nutritivo de los componentes del alimento suministrado con la apreciable digestibilidad y absorción que ejercen los acidificantes en el tracto gastrointestinal.

**Tabla 3 Consumo alimento acumulado por tratamiento**

Tratamiento	Media (kg)	Desviación
1	21.240,00	362,45
2	21.072,00	362,00
Promedio	21.156,00	345,58

Para el caso del alimento acumulado por tratamiento también se observa en la tabla 3 que el mayor consumo fue para el T1 (21.240,00 kg) sobre el T2 (21.072,00 kg), resultados similares reportó Salazar (2010).

En la tabla 4 se observan los promedios de peso por tratamiento, donde el T1 (acidificante orgánico) alcanzó un peso promedio superior al T2 (testigo), sin embargo, el análisis de regresión y Anova realizado no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.01$ ). Este resultado coincide con lo reportado por Pojota (2011) [27], quien encontró en aves tratadas con una dosis continua de Cidomix 0.3ml/lt, agua mayores pesos con un buen consumo de alimento, lo cual indujo a conversiones bajas.

**Tabla 4 Peso promedio final por tratamiento**

Tratamiento	Media (grs)	Desviación
1	2075,00	43,012
2	2023,00	24,759
Promedio	2049,00	69,793

Asimismo, concuerda con Carrión (2012) [3], quien reportó en pollos Ross 308 un peso de 2755,2 g al tratarlos con un acidificante orgánico, tres días por semana. También Barocio (2012) [5], reportó mayoría de peso en pollitos sexados (50% hembras y 50% machos), manifestándose interacción entre los tratamientos y sexo, siendo los machos con la adición de acidificante los que registraron las mejores respuestas.

**Tabla 5 Conversión alimenticia acumulada por tratamiento**

Tratamiento	Media	Desviación
1	2,09	0,36
2	2,16	0,24
Promedio	2,13	0,34

La conversión alimenticia se obtuvo al dividir el consumo de alimento acumulado por tratamiento entre los kg de pollos entregados, los datos se registran en la tabla 5. Como se puede observar en la tabla ambos tratamientos tuvieron similar conversión alimenticia, no se detectó diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 6 Porcentaje mortalidad acumulada por tratamiento**

Tratamiento	Media (%)	Desviación
1	2,48	1,713
2	3,55	2,421
Promedio	3,01	2,077

La mortalidad se registró semanalmente, en cada uno de los tratamientos y los resultados se presentan en la tabla 6. El mayor porcentaje de mortalidad fue para el T2 (3,55%), en comparación con el T1 (2.48). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

Estos resultados son comparables con los reportados por Sarango (2005), el cual obtuvo menor mortalidad (1.25%) utilizando acidificante orgánico (Acid Mix), al igual que León (2010) y Salazar (2010), quienes registraron mortalidades de 1,0% y 0.25% respectivamente, utilizando Acid Pak 4 Way. Por los resultados expuestos de diferentes autores y lo que indica Ferrer (2000), las sustancias acidificantes no curan por sí solas las enfermedades, pero ayudan a que las aves se recuperen antes y, lo más importante, previenen muchos trastornos intestinales. Su aplicación es sencilla, bien en la comida (alimento) o en el agua de bebida. Aconsejable en momentos de estrés: muda, cría, viajes, enfermedad, etc.

### Índice de Eficiencia Europeo (IEE)

El Índice de Eficiencia Europeo se utiliza para medir y comparar la eficiencia obtenida en las explotaciones avícolas. Su valor mínimo es de 220 puntos. Para calcular el IEE se aplicó la fórmula siguiente:

$$\text{I.E.E.} = \frac{\text{Px (kg)} \times \text{V(\%)} \times 100}{\text{T.E. (días)} \times \text{C.A.}}$$

Donde: Px = Peso promedio del pollo

V = Viabilidad expresada en porcentaje

T.E. = Tiempo de engorde en días o período

C.A. = Conversión Alimenticia

$$\text{I.E.E. T1} = \frac{2075 \text{ kg} \times 97,52}{42 \times 2.09} \times 100 = \frac{202.354}{87,78} \times 100 = 230,52$$

$$\text{I.E.E. T2} = \frac{2023 \text{ kg} \times 96,45}{42 \times 2.16} \times 100 = \frac{195,11}{90,72} \times 100 = 215,06$$

Se pudo observar un mejor valor para T1, en comparación con T2 (230,52 vs 215,06).

**Tabla 7 Promedio Índice de Eficiencia Europeo (IEE)**

Tratamiento	Media (%)	Desviación
1	230.52	0.20
2	215.06	0.26
Promedio	222.79	10.93

### Conclusiones

- Se determinó el efecto del acidificante en la producción de pollos de engorde, evidenciándose que el acidificante no tuvo efecto sobre la ganancia de peso de los pollos.

- Se determinó el efecto del acidificante orgánico en la ganancia de peso, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad en pollos de engorde, encontrándose que el mayor peso fue logrado por el T1 (acidificante orgánico) sobre tratamiento testigo sin la presencia de acidificantes, sin embargo no se detectó diferencias significativas ( $P>0.05$ ).

- No se detectó diferencias significativas ( $P>0.05$ ) respecto a la conversión alimenticia, en ambos tratamientos la conversión fue igual. El más alto consumo de alimento lo tuvo el T1 con acidificante orgánico y el tratamiento de menor consumo fue el testigo sin la adición de ningún acidificante.

- El mayor porcentaje de mortalidad se encontró en el T2 (testigo).

## Referencias Bibliográficas

[1] Pojota, S.E., Evaluación de acidificante orgánico en la crianza de pollos broiler en la Provincia de Pichincha, Tesis de Grado, Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador (2011).

[2] Jaramillo A.H., Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde, Convenio Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Universidad del Tolima, Colombia (2011).

[3] Carrión T.M., Estudio comparativo de dos acidificantes comerciales (Acid-Mix-Tegacid Av1) en la producción de pollos parrilleros en el Cantón Loja, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja, Ecuador (2012).

[4] Amaguaña W.F., Uso de acidificantes en la producción de pollos broilers, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, , Riobamba, Ecuador (2012).

[5] Barocio J., Adición del butirato de sodio en el alimento del pollo de engorda, sobre los parámetros productivos y mortalidad, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México (2012).

[6] González S., E. Icochea, P. Reyna J. Guzmán F. Cazorla, J. Lúcar F. Carcelén V. San Martín, Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde, *Rev. Investig. Vet. Perú*, Vol. 24, No. 1, (2013).

[7] Perpiñan C., Acidificantes. Alternativa eficaz a los tradicionales promotores antibióticos, *Rev. Avicultura Ecuatoriana*, Edit. Agroeditar Cia, Quito, Ecuador, (2003), 2–6.

# **Análisis del censo catastral de la Isla de Zapara, a través de la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, la Ley Orgánica de Seguridad de la Nación y la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario.**

**López de Martínez Yvonne<sup>1</sup>, Castillo Yogry<sup>2</sup> y Romero Daniela<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doctorado en Ingeniería Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Email: [ylopez64@gmail.com](mailto:ylopez64@gmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Geoinformática Facultad de Ingeniería Nucleo Maracaibo Universidad del Zulia (LUZ).  
Maracaibo, Venezuela.

Email: [yogrycastillo@gmail.com](mailto:yogrycastillo@gmail.com)

<sup>3</sup>Departamento de Mediciones, Trabajo Práctico Profesional, Escuela de Ingeniería Geodésica, Facultad de Ingeniería Nucleo Maracaibo, Universidad del Zulia (LUZ).

Maracaibo, Venezuela.

Recibido: 02-08-2016

Aceptado: 04/04/2017

## **Resumen**

En este artículo se presenta la materialización de una actualización catastral de la Isla de Zapara, teniendo en cuenta que dicha actualización catastral corresponde a un conjunto de operaciones destinadas a renovar los datos del levantamiento catastral, mediante la revisión de los elementos físicos y jurídicos del catastro y la eliminación y/o registro de las disparidades originadas por cambios físicos, variaciones de uso, obras públicas, etc. El catastro es una herramienta importante en el desarrollo económico y social de una municipalidad y del país, pero si no es actualizada toda su información (gráfica y alfanumérica) pierde su valor, validez y utilidad por completo, por lo tanto, su confiabilidad ante cualquier uso o aplicación que se desee realizar debe ser analizado a través de las leyes que rigen el desarrollo urbano en cada territorio o país.

**Palabras claves:** Censo catastral, Isla de Zapara, ordenación de territorio

## **Analysis of cadastral survey Zapara Island, through the Organic Law of Planning, the Law on National Security and the Law on Land and Agricultural Development.**

### **Abstract**

This article describes the realization of a cadastral updating Island Zapara presented, considering that the cadastral update corresponds to a set of operations to refresh the data of the cadastral survey, by reviewing

the physical and legal elements of land and the elimination and / or registration of disparities caused by physical changes, changes of use, public works, etc. The land is an important economic and social development of a city and country tool, but if it is not updated all their (graphical and alphanumeric) information loses its value, validity and usefulness altogether, therefore their reliability before any use or application you want to perform should be analyzed through the laws governing urban development in each region or country.

**Keywords:** Catastral survey, Zapara Island, land planning

## Introducción

Al hablar de catastro nos referimos al término que se usa para designar al censo o registro que tiene el Estado de los diferentes tipos de propiedades privadas y establecimientos existentes en su territorio. El principal objetivo del catastro es el conocimiento de tales espacios a fin de poder administrar de manera efectiva y proporcional los correspondientes impuestos. El catastro puede servir además para el control y para la organización geográfica del espacio ya que permite conocer qué espacios están libres, cuáles están ocupados, cuáles deben ser renovados, entre otros. Por otra parte, también le permite al estado tener conocimientos de los déficits en cuanto a servicios y mantenimientos de una determinada área, lo cual va aunado a la labor del estado como ente.

El proceso de censo catastral se aplica desde tiempos remotos, ya que los Estados siempre han requerido contribuciones de los habitantes del territorio en forma de impuestos. De esta manera el registro catastral se desarrollaba para poder obtener conocimientos de las zonas a organizar y por ende tener conocimiento de los ingresos a percibir en el territorio, pudiendo así tener toda la información necesaria para organizar el territorio de la manera más adecuada posible.

Ahora bien, aunada a la importancia de un censo catastral, surge la necesidad de tener un análisis del censo Catastral realizado en la Isla de Zapara Edo. Zulia, en Agosto del 2015 a través de la ley orgánica de desarrollo urbano, ley orgánica de ordenación del territorio, ley de tierras y desarrollo agrario y ley orgánica de seguridad y defensa. conjuntamente entre la Universidad del Zulia y la Alcaldía del Municipio Almirante Padilla, utilizando un Sistema de Información Geográfico para logarlo.

## Fundamentos Teóricos

### El Catastro

Según el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), el Catastro es un registro administrativo dependiente del Estado en el que se describen los bienes inmuebles rústicos, urbanos y de características especiales. Por ende es una herramienta que procura y garantiza la ordenación del espacio geográfico con fines de desarrollo, a través de la adecuada, precisa y oportuna definición de los tres aspectos más relevantes de la propiedad inmobiliaria: descripción física, situación jurídica y valor económico.

El catastro nacional involucra una serie de procedimientos (estadístico, técnico y administrativo) del cual se hace el inventario de todos los bienes inmuebles y recursos naturales de un país, mediante el levantamiento catastral, registro de propiedades, y el estudio de las operaciones que tiene por finalidad determinar la tenencia de la tierra, la verificación de la riqueza actual y la valoración de los inmuebles.

Una de las acciones que apunta a esta estrategia es la ejecución del Proyecto de Sistema Nacional de Catastro. En este proyecto se ha logrado incorporar el concepto de catastro integral que permite al municipio su desarrollo en los ámbitos urbano y rural. El proyecto se sustenta en una visión de Estado que involucra, además de los municipios, a antes del ejecutivo nacional y estatal en la coordinación de la ejecución del catastro, tanto inmobiliario como de infraestructura de servicios, de acuerdo a lo estable-

cido en la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional (LGCCN) del 2000 [1], y en las Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional (NTFCCN) del 2002, a través de la Coordinación Nacional de Catastro y las Coordinaciones Estadales respectivas.

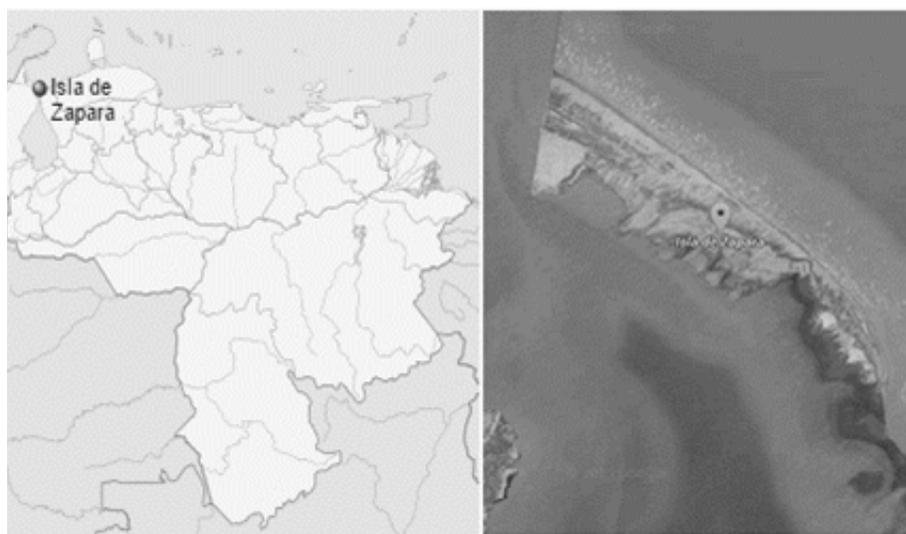
### **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Un SIG es fundamentalmente una herramienta para trabajar con información a la cual puede asignarse una posición geográfica (Información geo-referenciada), y es por tanto información que viene acompañada de otra información adicional relativa a su localización.

En otras palabras, un SIG es una herramienta que brinda a las labores de uso y manejo de información geográfica toda la potencia de un ordenador, pues ha sido diseñada específicamente para trabajar con este tipo particular de información. [8]

### **Ubicación de la Zona de Interés**

La presente investigación se realizó en la Isla de Zapara, esta se encuentra ubicada en la parte Noreste del territorio Nacional, perteneciente al Estado Zulia, dentro del Municipio Almirante Padilla. Dicho proyecto abarcó la parte poblada de la isla, con el objetivo de recolectar la mayor cantidad de datos posibles para realizar el Censo Catastral.



**Gráfico 1: Zona de Estudio.**

**Fuente:** [https://es.wikipedia.org/wiki/Isla\\_de\\_Zapara](https://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_Zapara)

### **Inspección De Campo**

Con la ayuda de las investigaciones previas, específicamente del levantamiento catastral de todos los inmuebles de la isla, se procedió a realizar una inspección de campo con la finalidad de estudiar las áreas que poseen nuevas viviendas y a su vez tener una organización espacial para tener un mejor control al momento de realizar las encuestas a la población, gracias a esta inspección se pudo tener un indicio de las principales variables que se deben estudiar a fondo y aquellas que se deben incluir en un futuro censo.

CENSO CATASTRAL - MUNICIPIO ALMIRANTE PADILLA - ISLA DE ZAPARA										Nº CASA
CODIGO CATASTRAL										
Edo	Mun	Parr	Ambito	Sector	Manzana	Parcela	Subparcela	PARCELA	SUB PARCELA	
Direccion del Inmueble										
Estado:	Zulia (23)	Municipio:	Alm. Padilla (01)	Parroquia:		Nº CIVICO:				
PROPIETARIO O RAZON SOCIAL DEL INMUEBLE:										C.I.
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO										
MEDIDAS		PARTICULARIDADES		SERV. PUBLICOS.		PATRIMONIO		OCUP. POR		INSTALACIONES
FRONTE:		ESQUINA		ACUEDUCTO		NACION		PROPIETARIO		TANQUE
FONDO:		DECLIVE		CLOACAS		ESTADO		ARRENDATARIO		PISCINA
LADO IZQ:		ACLIVE		DRENAJE		MUNICIPIO		SUB. ARREND		A. ACOND.
LADO DER:		QUEBRADO		GAS		PARTICULAR		LIBRE		ESTAC.
PERIMETRO		OBS:		ASEO		OBS:		OBS:		BOHIO.
AÁREA:				TELEFONO						AÑO INSTA.
PERSONAS EN EL INMUEBLE (INFORMACION ECONOMICA)										
NOMBRE Y APELLIDO					C.I.		Nº DE SUELDOS			
Nº DE CARGA FAMILIAR:			ADULTOS:		NIÑOS:		OCUPACION:			
CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE.										
TIPO	TECHOS		PAREDES		ACAB. EXT		ACAB. INT.		PISOS	
QUINTA	CUBIERTAS		EXTERIOR		LADRILLO		OBRA LIMPIA		NO TIENE	
CASA	PLACA		TEJAS		BLOQUE		OBRA LIMPIA		MADERA	
RANCHO	MADERA		ZINC		MADERA		LISO		CEMENTO	
PALAFITO	ZINC		ACEROLI		CARTON		VIDRIO		CERAMICA	
OBS:	ACEROLI		OTRO		OTRO		OTRO		OTRO	
INFORMACION ESPACIAL										
CROQUIS DE UBICACION						FOTOGRAFIA				

**Gráfico 2: Planilla de Campo.**  
Fuente: Estudiantes TPP. Ingeniería Geodésica - 2015

La planilla de campo en la cual se recolectó la información para establecer el Censo Catastral (Gráfico 2) está constituida por segmentos en la cual cada uno tenía un objetivo distinto, mientras el código catastral busca crear un código el cual depende de factores como el Estado, Municipio, Parroquia, entre otros, también es necesario conocer la dirección del inmueble, especificando el número cívico en el caso de las viviendas que las poseían y el nombre del propietario con su cédula de identificación. Para el estudio demográfico fue necesario identificar el número de personas que viven en la infraestructura, donde se especificó la cantidad de adultos y niños, la ocupación que posee el cabeza de familia y la cantidad de sueldos que percibe la familia. Como se mencionó anteriormente, este proyecto no solo abarcó un estudio demográfico, por tal motivo se hicieron preguntas referentes a las características del terreno, tomando medidas de las construcciones que esta posee, con la finalidad de realizar el plano de cada una

ellas y proceder a actualizar el levantamiento catastral. Por último, el proyecto también se enfoca en conocer la calidad de los servicios públicos que posee la isla, en el apartado de las Características del Inmueble se recolectó dicha información.

### Tabulación de los Datos

Luego de la culminación de las encuestas, fue necesaria la creación de una base de datos la cual nos facilitó analizar las variables, y así crear herramientas estadísticas para entender el comportamiento de éstas, dicha labor consistió en crear una tabla en Microsoft Excel, tomando en cuenta cada uno de los factores incluidos en la planilla de campo. (Gráfico 3)

CENSO CATASTRAL - MUNICIPIO ALMIRANTE PADILLA - ISLA DE ZAPARA										Nº CASA	
										G4-001	
CODIGO CATASTRAL											
Edo	Mun	Parr	Ambito	Sector	Manzana	Parc	Subparc	PARCELA	SUB PARCELA		
Direccion del Inmueble											
Estado:		Zulia (23)		Municipio:		Alm. Padilla		Parroquia:		Nº CIVICO:	
PROPIETARIO O RAZON SOCIAL DEL INMUEBLE:								PATRICIA MORÁN		C.I. 6.802.803	
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO											
MEDIDAS		PARTICULARIDADES		SERV. PUBLICOS.		PATRIMONIO		OCUP.POR		INSTALACIONES	
FRENTE:		23,555		ESQUINA SI		ACUEDUCTO		NACION		PROPIETARIO SI	
FONDO:		24,562		DECLIVE		CLOACAS		ESTADO SI		ARRENDATARIO PISCINA	
LADO IZQ:		30,115		ACLIVE		DRENAJE		MUNICIPIO		SUB.ARREND. A. ACOND.	
LADO DER:		29,361		QUEBRADA		GAS		PARTICULAR		LIBRE ESTAC.	
PERIMETRO		107,593		OBS:		ASEO		OBS:		BOHIO.	
ÁREA:				TELEFONO		SI				AÑO INSTA. 20	
PERSONAS EN EL INMUEBLE (INFORMACION ECONOMICA)											
NOMBRE Y APELLIDO		PATRICIA		C.I.		6.802.803		Nº DE SUELDOS:		2	
Nº DE CARGA FAMILIAR		2		ADULTOS:		4		NIÑOS:		2	
OCUPACION:		AMA DE CASA									

CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE.											
TIPO	TECHOS		PAREDES		ACAB. EXT		ACAB. INT.		PISOS		
QUINTA	CUBIERTAS		EXTERIOR		LADRILLO		OBRA		MADERA		
CASA	SI	PLACA	SI	TEJAS	BLOQUE	SI	RUSTICO	OBRA LIMPIA	MADERA	NO TIENE	
RANCHO	MADERA		ZINC		MADERA		LISO		SI		
PALAFITO	ZINC		ACEROLI		CARTON		VIDRIO		RUGOSO		
OBS:	ACEROLIT		OTRO		OTRO		OTRO		OTRO		
INFORMACION ESPACIAL											
COORDENADAS DE LOS VERTICES						FOTOGRAFIA					
NOMBRE DEL VERTICE		X				Y					
1		218.824				1.214.726					
2		218.851				1.214.741					
3		218.863				1.214.722					
4		218.837				1.214.704					
CROQUIS DE UBICACIÓN											

**Gráfico 3: Tabulación de los Datos.**  
 Fuente: TPP 2015-2016. Ingeniería Geodésica

Uno de los objetivos del proyecto fue crear un Sistema de Información Geográfica en donde se recolectaron todos los datos por casa y se aplicaron métodos estadísticos para mejorar la capacidad de análisis del proyecto, es por tal motivo que este documento de Excel estaba enlazado a otro en donde se agrupaba toda la data para luego exportarla al Software ArcGIS v10.3 para su respectivo estudio. (Gráfico 4)

NumdeCasa	NumVertice	X1	Y1	NumVertice	X2	Y2
G1-001	1	218810.431	1214680.363	2	218792.194	1214702.653

Estado	Municipio	Parroquia	Propietari	CI
ZULIA	ALMIRANTE PADILLA	MONAGAS	ANA MORAN	11863259

Frente	Fondo	Lado_Izq	Lado_Der	Perimetro	Area_m2	Telefono	Nacion	Estado
21.100	21.150	28.800	28.650	99.700	609.120	0	0	SI

**Gráfico 4: Ejemplo de Base de Datos.**  
 Fuente: Estudiantes TPP 2015-2016. Ingeniería Geodésica

## Análisis de Resultados

### **Análisis del censo catastral de la isla de zapara, a través de la ley orgánica de desarrollo urbano, la ley de ordenación del territorio, la ley de tierras y desarrollo agrario y la ley orgánica de seguridad y defensa.**

La gestión catastral en Venezuela se encuentra enmarcada dentro de la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional (G.O.37.002-28/07/2000) que da primacía de ejecución al municipio, es por ello que este trabajo se centrará en el estudio de la vinculación del censo realizado bajo el análisis jurídico de la legislación previamente mencionada.

Con el objetivo de analizar el desarrollo urbano de Isla de Zapara, basado en el censo catastral del 2015, se hace una revisión del marco legal venezolano relacionado con el tema del control catastral y ordenamiento del territorio, realizando un resumen de las siguientes leyes: Ley de Ordenación del Territorio [2] (**Caracas, jueves 11 de agosto de 1983 Número 3.238 Extraordinario**), la Ley Orgánica de Seguridad de la nación [3] (**Gaceta Oficial N° 37.594- 18/12/2002**), La Ley de Tierras y Desarrollo Agrario [4] (**Gaceta Oficial N° 37.323 del día 13.11.01**).

**La ordenación del territorio** es una especialidad científica, y técnica administrativa; influida por multitud de disciplinas; especialmente por la geografía física, la geografía humana y las ciencias ambientales que tienen como objetivo una ocupación racional del territorio, mediante la aplicación de normativa que permita o prohíba unos determinados usos de la tierra, con el fin de procurar el crecimiento armónico de los centros poblados y salvaguarda los recursos ambientales.

En cuanto a esta premisa, se puede afirmar que no existe una zonificación del uso de tierras que permita cumplir una ocupación racional del territorio en la Isla de Zapara. Esta a su vez se ejecuta de forma desordenada siguiendo criterios diversos y propios de los habitantes, el de mayor predominio es de hacer sus viviendas cerca de las costas del lago de Maracaibo.

En el **artículo. 1** “La presente Ley tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación.” Por ello este artículo, aunque prematuro resalta uno de los propósitos primordiales de todo municipio de conocer el orden de su territorio, y como se encuentra asentada la población dentro de él.

La recolección y almacenamiento de los datos provenientes de los trabajos de investigación de la Universidad del Zulia, específicamente del Departamento de Mediciones y Cálculo Geodésico de la Escuela de Ingeniería Geodésica, proporcionará al municipio Almirante Padilla toda la información cartográfica y catastral de la Isla de Zapara, esto con la finalidad de aportar todos los insumos necesarios para la gestión y toma de decisión en el ordenamiento del territorio, así mismo para realizar sobre esta base, el proceso jurídico, físico y tributario del catastro.

También se puede referir al **ordinal 2º**. “El establecimiento de criterios prospectivos y de los principios que orienten los procesos de urbanización, industrialización, desconcentración económica y de asentamientos humanos.” Contemplado en el **artículo. 2**, destaca el papel fundamental del catastro dentro de la ordenación del territorio ya que este se encarga del control de los inmuebles, en especial los que se encuentran dentro de un municipio en específico, por otro lado, la ley menciona dentro de ella la creación de planes de ordenación territorial bajo los cuales se regirá el contenido de los artículos siguientes de la ley, subrayando en especial el **artículo. 14** que menciona planes sectoriales que promueven el ordenamiento de las localidades dentro del ámbito nacional; así como también uno de los planes especiales mencionado específicamente en el título II “**del régimen urbanístico de la propiedad privada**”.

Al no existir una Oficina Municipal de Catastro, es imposible aplicar las directrices y planeamientos de la ley orgánica de ordenación del territorio. No existe interés a corto plazo, en generar información cartográfica de la zona por parte de los entes competentes.

Continuando, se le da lugar a la **Ley Orgánica de Seguridad y Defensa [5]** la cual establece como objeto “Regular la actividad del Estado y la sociedad, en materia de seguridad y defensa integral, en concordancia a los lineamientos, principios y fines constitucionales.” también en su art. 2 plasma que, “La seguridad de la Nación está fundamentada en el desarrollo integral, y es la condición, estado o situación que garantiza el goce y ejercicio de los derechos y garantías en los ámbitos económico, social, político, cultural, geográfico, ambiental y militar de los principios y valores constitucionales por la población, las instituciones y cada una de las personas que conforman el Estado y la sociedad, con proyección generacional, dentro de un sistema democrático, participativo y protagónico, libre de amenazas a su sobrevivencia, su soberanía y a la integridad de su territorio y demás espacios geográficos.” Este artículo establece que la seguridad es importante para el desarrollo de toda nación, cabe destacar que según el **artículo 5** “El Estado y la sociedad son corresponsables en materia de seguridad y defensa integral de la Nación, y las distintas actividades que realicen en los ámbitos económico, social, político, cultural, geográfico, ambiental y militar, estarán dirigidas a garantizar la satisfacción de los intereses y objetivos nacionales plasmados en la Constitución y las leyes”.

Como se ha resaltado en una parte del **capítulo II**, el pueblo habitante de la isla de Zapara en su mayoría es indígena por lo tanto a continuación se explica, según el **artículo. 11** que reza lo siguiente “*Los pueblos indígenas como parte integrante del pueblo venezolano, único, soberano e indivisible, participarán activamente en la formulación, aplicación y evaluación de los planes y programas de seguridad, defensa y desarrollo integral de la Nación.*”; también se debe resaltar que como Municipio Insular del estado Zulia, este es fronterizo enfatizando que en el **Título IV, Capítulo I, artículo.49** dice “*A los efectos de esta Ley, se entiende por Zona de Seguridad Fronteriza, un área delimitada que comprende una franja de seguridad de fronteras, así como una extensión variable del territorio nacional, adyacente al límite político territorial de la República, sujeta a regulación especial que estimule el desarrollo integral, con la finalidad de resguardar las fronteras y controlar la presencia y actividades de personas nacionales y extranjeras, quienes desde esos espacios geográficos, pudieran representar potenciales amenazas que afecten la integridad territorial y por ende la seguridad de la Nación*”. Cumpliendo a cabalidad con todo lo establecido en la presente ley, está todo lo desarrollado en el trabajo, específicamente en el cumplimiento del deber ciudadano de salvaguardar la seguridad de la población y del territorio como tal.

Se debe subrayar que todos los objetivos anteriores a este se desarrollaron de acuerdo al marco jurídico analizado, el municipio Almirante Padilla es una de la zonas que contempla el decreto de estado de excepción y emergencia económica, siendo esta área sensible al contrabando de combustible y de pescado hacia Colombia, este decreto se realiza con la finalidad de resguardar la frontera y la soberanía alimentaria, fuera de esto no existe ningún plan de seguridad en la comunidad de Zapara, debido a los constantes robos y temor de los pescadores en el lago de Maracaibo.

Finalizando, se tiene que **La ley de tierra y desarrollo agrario [4]** contiene 252 artículos más, 17 dispositivos transitorios y 3 dispositivos derogatorios. Así mismo, dispone la creación de dos (2) instituciones administrativas significativas, más figuras o instancias judiciales.

El Decreto **Ley de Tierras y Desarrollo Agrario**, viene a prestar ese marco legal, en el cual se busca profundizar y dar operatividad concreta a los valores constitucionales de desarrollo social a través del sector agrario. Para ello se procura una justa distribución de la riqueza y una planificación estratégica, democrática y participativa en cuanto a la tenencia de tierras y desarrollo de toda la actividad agraria. Es importante resaltar que, aunque el marco legal del catastro nacional está regido por la Ley de Geografía,

Cartografía y Catastro Nacional como se mencionó, cuando se habla del catastro rural este se enmarca jurídicamente en la ley de tierras y desarrollo agrario.

Se crea el registro agrario, como una oficina dependiente del Instituto Nacional de Tierras, que tendrá por objeto el control e inventario de todas las tierras con vocación agraria comprendidas dentro de las poligonales rurales a las que se refiere el **artículo. 21** de este Decreto Ley.

El mismo comprenderá:

1. La información jurídica: en el cual se consignen los respectivos títulos suficientes, de las tierras ubicadas dentro de la poligonal rural.

2. La información física: en el cual se consignen los planos correspondientes a las tierras ubicadas en la poligonal rural.

3. La información avaluatoria: en el cual se consigne un informe de la infraestructura de las aguas, bosques, vías de comunicación, las condiciones existentes en el fundo y la existencia de recursos naturales en el área.

El Instituto Nacional de Tierras podrá transferir al Instituto de Geografía de Venezuela Simón Bolívar, el registro previsto en este artículo.

Lo anteriormente desarrollado define todos los aspectos para el registro de bienes inmuebles en el ámbito rural, como sabemos la isla de Zapara se encuentra ubicada en un municipio insular que también es rural. Por otro lado, lo anterior esbozado en el **artículo. 27** dispone el ente competente para el registro agrario. En los **artículos. 28 y 29** se dispone los requisitos que debe consignar el propietario para poder realizar el registro de su propiedad, también se establece que El Instituto Nacional de Tierras a través de sus oficinas de registro agrario de tierras, efectuará progresivamente el análisis documental, el examen de los planos, estableciendo el control geodésico a través de los datos aportados por la oficina que lleve el Catastro Nacional, en cartas bases topográficas aéreas y enlace a coordenadas U.T.M. También se describe que el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, brindará al Instituto Nacional de Tierras el apoyo técnico que éste requiera a los fines del registro agrario previsto en este Decreto Ley.

El Instituto Nacional de Tierras remitirá periódicamente al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, la información en materia de registro de tierras agrarias. En todo lo no previsto en este Capítulo se aplicará la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional, en cuanto fuere aplicable. Esto contemplado en los **artículos. 30 al 33**.

Isla de Zapara es una zona insular con clima árido, compuesto principalmente por médano y dunas, su vegetación principal es el manglar rojo, y su uso de tierra no es de vocación agrícola, aunado a esto, el recurso de agua escasea y es un recurso sumamente valioso.

Por lo expuesto anteriormente, no existe utilidad agraria por parte del INTI, en gestionar un territorio que carece de todo potencial agrícola y ganadero, y por lo tanto no existe un registro catastral agrario.

“Zapara tiene un potencial turístico que debe ser administrado por la Corporación Bolivariana de Turismo y Puertos del Estado Zulia. La actividad pesquera debe estar articulada con el Ministerio del Poder Popular de pesca y acuicultura. La confección del catastro corresponde al IGVS B y a la Alcaldía del municipio Almirante Padilla, mediante la creación de la oficina municipal de catastro que cumpla con la función de administrar la tenencia de tierra, zonificación y uso de tierra y protección a las áreas de protección ambiental y resguardo de la fauna silvestre”.

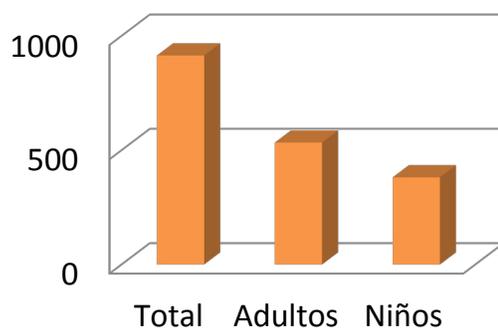
### **Análisis del Estado Actual de la Isla de Zapara**

Mediante el censo inmobiliario llevado a cabo en la Isla de Zapara, se realizaron distintos análisis de resultados por medio de datos obtenidos de los instrumentos de recolección de datos en el campo.

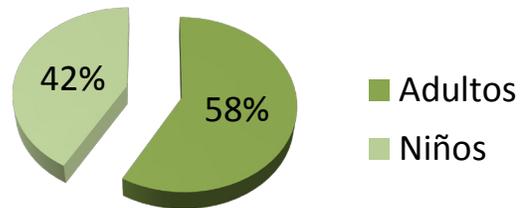
Estos gráficos no son más que representaciones estadísticas de la muestra tomada a través del instrumento diseñado, estos análisis estadísticos fueron de fácil obtención a través del Sistema de Información Geográfico diseñado.

### **Análisis Demográfico**

De acuerdo con el censo se registró un total de 912 personas residiendo en la Isla, de las cuales 533 se registraron como adultos y las restantes 381 como niños (hasta los 18 años de edad). Se registró un vacío de información de **37.58%** y este porcentaje a su vez es representado en un **13.55 %** por viviendas en construcción, un **27.11%** de viviendas abandonadas, un **10.16%** de viviendas no habitadas, un **15.25%** sin información y el restante **33.93%** refleja las instalaciones extras de viviendas y los inmuebles no habitables como plantas eléctricas, salinizadoras, entre otros.



**Gráfico 5: Análisis Demográfico.**

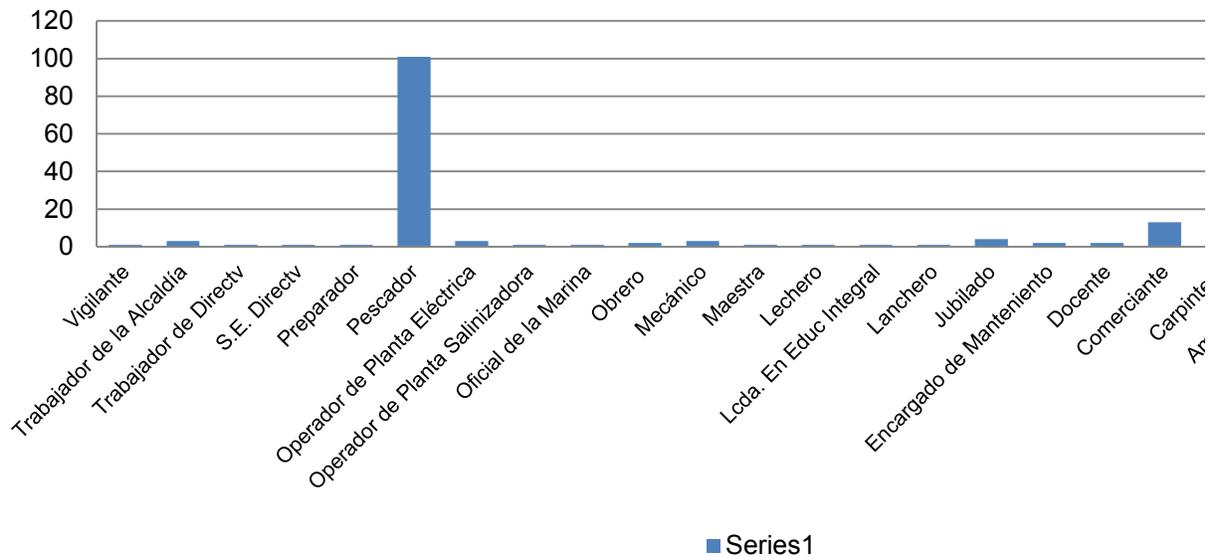


**Gráfico 6: Cantidad de Adultos y Niños.**

### **Análisis Económico**

#### **Ocupación**

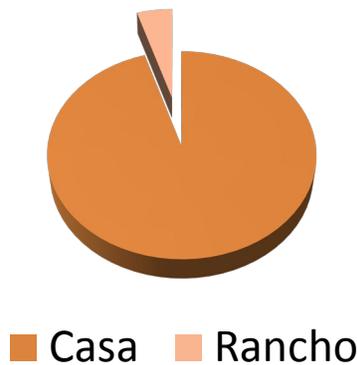
El instrumento realizado se diseñó de tal forma que pudiese recolectarse información sobre la ocupación de cada Jefe de Familia o encargado de la manutención de esta. Al llevarse a una base de datos la entidad “*Ocupación*” se dividió en 24 categorías, donde la ocupación más predominante fue la de **Pescador** con un total de 101 personas, lo cual era predecible debido a las características geográficas de la zona de estudio. Es importante resaltar que la muestra total para este análisis fue de 77.070% es decir un total de 242 personas censadas, dejando el restante 22.929% Sin Información, es decir 72 personas que no pudieron ser censadas.



**Gráfico 7: Ocupación del Jefe de Familia.**

**Tipo De Infraestructura Destinadas A La Vivienda**

En el censo se registró un total de 288 de infraestructuras destinadas a las viviendas, dicho atributo se dividió en dos tipos, la casa convencional y el rancho, a continuación, se reflejará dicha relación con un gráfico estadístico.



**Gráfico 8: Tipo de Infraestructuras destinadas a la vivienda.**

**Servicios Públicos En La Isla De Zapara**

En la isla de Zapara las casas habitadas fueron censadas obteniendo un resultado de 288 inmuebles destinados a la vivienda censados y un total 26 de infraestructuras destinadas a otros fines.

No se cuenta con alumbrado público ni con calles pavimentadas, ni aceras, en líneas generales no existe una ordenanza urbanística que rija la Isla. No existe tampoco servicio de gas, este es conseguido solo por medio de bombonas en las casas que se encuentran habitadas.

Por otra parte, las aguas blancas son surtidas a través de la planta desalinizadora ubicada en la Isla, para la época la planta se encontraba fuera de uso, lo que representa a su vez un alto riesgo de higiene y salud para sus habitantes. La Isla de Zapara tampoco cuenta con un sistema de drenaje de aguas negras, se registró que solo una cuarta parte de las viviendas habitadas contaban con pozos sépticos, de un total de 210 viviendas habitadas.

El aseo urbano de la parroquia depende en su totalidad del aseo de cada familia en donde deben depositar la basura en una zona específica todos los habitantes de la isla. En las líneas generales se observó una gran cantidad de basura en la Isla, lo cual representa un alto riesgo a nivel de higiene y salud ambiental.

## **Conclusiones**

- No hay un desarrollo urbano en isla de Zapara, cónsono con lo establecido en la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, la Ley Orgánica de Seguridad de la Nación y la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario. Siendo inexistente su aplicación al momento de la investigación.

- De acuerdo a la compilación de la información del censo catastral que arrojó información actualizada de la cantidad de inmuebles, número de habitantes, ocupación de los mismos, ingreso familiar, entre otros, que fueron representados en gráficos y analizados individualmente demuestran la precaria situación habitacional que tienen los habitantes de la Isla de Zapara, esperando que el Gobierno local invierta más en esa Isla.

- Se realizó satisfactoriamente el SIG (sistema de Información de Geográfica) usando como base de datos la información obtenida del censo catastral, está en un software de Sistema de Información Geográfico que maneja base de datos, el cual fue realizado con la colaboración de los Estudiantes de Ingeniería Geodésica en su Trabajo Práctico Profesional y por los participantes de la investigación.

- La propuesta del uso de tecnología de SIG basados en software libre, permiten ayudar en la planeación del desarrollo autosustentable del catastro, permitiendo una rápida actualización de la información gráfica y tabular de los inmuebles, de un manejo adecuado del ordenamiento del territorio, para la toma de decisiones óptimas administrativas y sociales.

- Con todos los datos obtenidos en esta investigación se tienen todos los elementos necesarios para establecer la codificación catastral, adaptadas a las normas técnicas y el código catastral establecidos por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, siguiendo la normativa diseñada; contribuyendo de esta manera a la Formación y Conservación del Catastro de la isla de Zapara. Estado Zulia.

- Es evidente la falta de inversión por parte de la Nación, siendo el catastro herramienta fundamental para la planificación urbanística y el último catastro de la zona de estudio data del año 2008 realizado por la Escuela de Ingeniería Geodésica de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia.

## **Referencias Bibliográficas**

Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional y las Normas Técnicas para la Formación y Conservación del Catastro Nacional.

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio.

Ley Orgánica de Desarrollo Urbano.

Ley de Tierras y Desarrollo Agrario.

Ley Orgánica de Seguridad y Defensa.

Piña Rivera, N. P., *Ontología Espacio Temporal De Registro Catastral Venezolano Como Base Para La Creación De Sistemas De Información Territorial*, Trabajo De Grado, Universidad De Los Andes (2006).

Rodríguez Bernal L. L., Ochoa Walteros J. A., *Análisis y diseño de un sistema de información geográfica para la administración del catastro multipropósito*, Bogotá D. C. (2009).

Tutiven Zambrano C. J., Chóez Velez R. A., Fun Sang Lomas J. E. y Urquizo Calderon J., *Análisis, diseño e implementación de un sistema de información geográfico para la formación del catastro rural, planificación, gestión, control de tierras susceptibles a inundación en el cantón la troncal*. Guayaquil, Ecuador.

Córdova Aymar J. R., Herrera Arboleda A. P., *Actualización catastral del sector urbano de la parroquia "Juan Montalvo" del Cantón Mira, provincia del Carchi*.

Olaya V., *Sistemas de Información Geográfica*, (2014).

# Percepción remota del vapor de agua troposférico en zonas adyacentes a estaciones GPS de operación continua utilizando el sensor satelital MODIS

Sarai Leal, Víctor Cioce, Giovanni Royero y Eugen Wildermann

Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia (CPAGS-LUZ), Departamento de Geodesia Superior, Escuela de Ingeniería Geodésica, Facultad de Ingeniería. Maracaibo, Venezuela.

[cpags.luz@fng.luz.edu.ve](mailto:cpags.luz@fng.luz.edu.ve)

Recibido: 25-10-2016.

Aceptado: 04-04-2017.

## Resumen

La cuantificación y análisis de la distribución espacio-temporal del vapor de agua troposférico son tareas de gran importancia en el campo de las ciencias atmosféricas pues este gas es responsable de la ocurrencia de fenómenos diversos propios de la atmósfera terrestre; para la Geodesia Satelital es de relevancia por cuanto induce errores sobre las observables propias de sus técnicas de adquisición, en tal sentido el GPS ha venido siendo utilizado para obtener información precisa sobre la presencia del vapor de agua en la atmósfera baja. No obstante, sensores dispuestos a bordo de plataformas de percepción remota satelital, como MODIS a bordo de los satélites Aqua y Terra, también aportan información sobre dicha variable. El trabajo describe la comparación entre estimaciones del vapor de agua realizadas mediante el análisis de datos GPS y MODIS sobre áreas específicas en Venezuela, encontrándose un alto nivel de correspondencia, permitiendo dar paso a diversas aplicaciones conducentes a la comprensión y modelado de eventos climáticos y meteorológicos en la región de interés con la garantía de que estos datos de libre acceso son confiables.

**Palabras clave:** Vapor de agua, atmósfera, percepción remota, MODIS, GPS.

## Tropospheric water vapor remote sensing by MODIS sensor near continuously operating GPS stations

### Abstract

Quantification of tropospheric water vapor and spatial-temporal distribution analysis are very important tasks in atmospheric sciences because this gas is responsible for driving phenomena related with Earth atmosphere; it is relevant for Satellite Geodesy too, due to water vapor leads on observables defined by its acquisition techniques, for example, GPS is being used for obtaining precise information about water vapor presence in low atmosphere. However, remote sensing platforms offer information associated with such variable, this is the case of MODIS sensor on board of Aqua and Terra satellites. This paper describes comparison done between water vapor estimations based in data analysis from GPS and MODIS on Venezuela selected zones, finding that both are very similar, this allows carry on some applications pointed to understanding and modelling weather and meteorological events in the interest region with warranty of accuracy for this free access data.

**Key words:** Water vapor, atmosphere, remote sensing, MODIS, GPS.

## Introducción

El vapor de agua es uno de los gases constituyentes más importantes de la atmósfera terrestre concentrándose principalmente en la troposfera (0 a 15 km de altura), su existencia es determinante para la ocurrencia de fenómenos meteorológicos y climáticos, contribuyendo además con el efecto invernadero. En consecuencia, conocer la distribución espacio-temporal altamente variable del agua en fase gaseosa durante su permanencia en la atmósfera resulta de gran interés para la comunidad científica, motivando el desarrollo de tecnologías capaces de cuantificar su presencia de forma precisa.

El uso de la técnica geodésica GPS (Global Positioning System) representa una opción que al respecto ha venido gozando de amplio reconocimiento gracias a la alta calidad con la que logra ser cuantificado [1] [2] [3], los primeros ensayos efectuados en Venezuela se atribuyen a [4]. Otra opción para su determinación es la percepción remota satelital, que se perfila como una herramienta capaz de ofrecer datos de vapor de agua atmosférico superando las limitaciones propias de los sensores dispuestos a nivel de la superficie como la pobre resolución espacial o la baja representatividad.

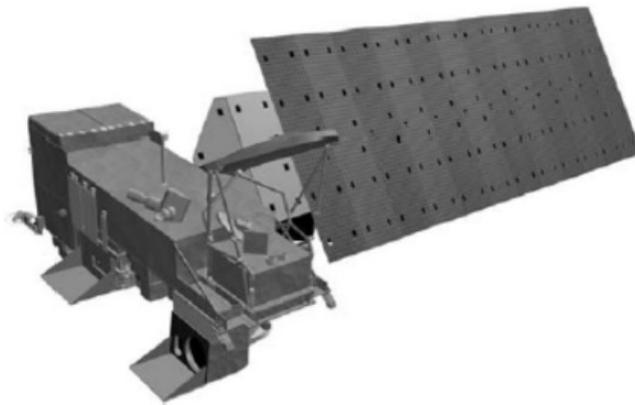
Dada la compleja y cambiante dinámica atmosférica, el análisis de información proveniente de fuentes independientes resulta ideal y ante la necesidad actual que tiene Venezuela de mejorar la comprensión del clima y la interacción de la atmósfera con otros componentes del Sistema Tierra, este trabajo demuestra la viabilidad de la percepción remota en este tipo de aplicaciones, sustentada en el uso de datos libremente accesibles captados por los satélites Terra y Aqua del programa EOS (Earth Observation System) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration de los EE.UU.) y en la contrastación con determinaciones GPS.

### Percepción remota del vapor de agua mediante satélites artificiales

Los satélites destinados a la percepción remota comúnmente se asocian con la adquisición de datos y consecuente generación de productos geospaciales [5], no obstante, al ser plataformas capaces de transportar diferentes tipos de sensores, en años recientes su uso para detectar y cuantificar la presencia de gases traza vitales para la comprensión del cambio climático (e.g.  $O_3$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $H_2O$ , otros) se ha venido incrementando [6] [7]. De hecho, programas específicamente diseñados para tal fin por parte de las principales agencias espaciales a nivel mundial como la NASA o la ESA (European Space Agency), están en plena fase de operatividad. La característica principal que se resalta es la amplia cobertura espacial y alta repetibilidad de las observaciones realizadas por este tipo de plataformas.

El fundamento físico que sustenta la percepción remota de estos gases y otros compuestos como los aerosoles y poluentes a nivel de la atmósfera terrestre, está vinculado con la captación y posterior alteración de ciertas bandas del espectro electromagnético al interactuar en un instante dado con las partículas presentes [8]. Si bien el espectro es muy amplio, solo el infrarrojo y una pequeña porción de las microondas permiten detectar vapor de agua atmosférico gracias a la absorción de energía que este hace, tratándose de radiación solar entrante e infrarroja saliente desde la superficie terrestre [9]. Dispositivos sensibles a estos tipos de radiación en bandas específicas pueden ser colocados en plataformas satelitales.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) es uno de estos sensores dispuesto a bordo de dos satélites operados por la NASA conocidos como Terra y Aqua (ver Figura 1) lanzados en 1999 y 2002 respectivamente. El sensor ubicado a una altura de 705 km escanea una franja de la superficie terrestre con un ancho de 2330 km, lo suficientemente amplia para alcanzar una cobertura global casi completa cada dos días; capta 36 bandas espectrales entre los 0,4 a 14,4  $\mu m$  cuidadosamente seleccionadas para facilitar estudios avanzados de la corteza, océano y atmósfera baja; 26 de ellas están destinadas para derivar rasgos atmosféricos diversos de las cuales las 17, 18 y 19 están reservadas a la captación del vapor de agua [10].



**Figura 1. Plataformas Aqua/Terra de la NASA, ambas con diseño y características similares (<http://eosps.nasa.gov>).**

El conjunto de datos recolectados por el sensor se somete a procesamientos previos destinados a detectar y reducir efectos sistemáticos y generar los productos MODIS (i.e. presencia de aerosoles, propiedades de las nubes, perfiles de temperatura y humedad atmosférica, vapor de agua, otros). En el caso del vapor de agua, este es obtenido analizando las porciones sensibles del espectro con el denominado *Near-IR Water Vapor Algorithm* [11] aplicado a datos observados en zonas terrestres y oceánicas despejadas como en aquellas cubiertas por nubosidad; el algoritmo se concentra en la atenuación de la radiación solar en canales del infrarrojo cercano, las variaciones de la reflectancia (capacidad de un cuerpo de reflejar energía) de la superficie y transmitancia (capacidad de un cuerpo de transmitir energía) relacionadas con este gas [12].

Al ser los productos MODIS de libre acceso, la evaluación y cuantificación del vapor de agua atmosférico sobre toda la extensión del territorio nacional o en áreas puntuales, representa una alternativa para mejorar el modelado del clima y brindar soporte al desarrollo de estudios relacionados; no obstante, resulta necesario validar la fiabilidad de estos datos siendo las estimaciones GPS una fuente independiente considerada como patrón de comparación. Este tipo de experiencias no han sido reportadas previamente en Venezuela.

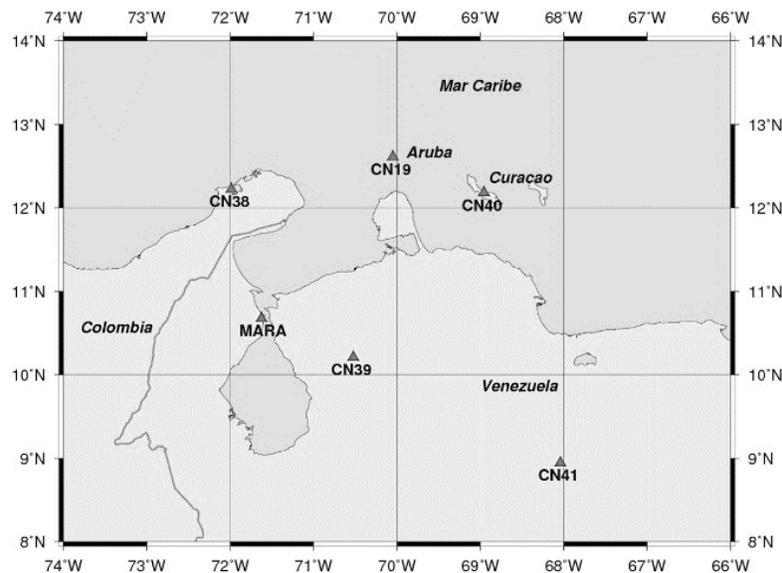
### **Evaluación de productos MODIS asociados con el vapor de agua**

La cantidad de agua gaseosa en la atmósfera baja sujeta a estimación satelital, se puede expresar en términos de vapor de agua integrado (IWV, masa de este gas presente por unidad de área expresado en  $\text{kg/m}^2$ ) o bien en vapor de agua precipitable (PW, altura de la columna de agua equivalente expresada en mm). El sensor MODIS ofrece a partir del Nivel 2 (L2) de procesamiento la columna de PW en sus productos MOD05 con resolución espacial de  $1 \times 1$  km para el satélite Terra, y MYD05 con resolución espacial de  $5 \times 5$  km para el satélite Aqua. Dadas las características orbitales de estas plataformas, cada una realiza un paso diario sobre territorio venezolano (Terra en horas de la mañana, sentido orbital nortesur y Aqua en horas de la tarde, sentido orbital sur-norte), implicando la disponibilidad de dos valores del PW por día para cada punto barrido por el sensor (uno por cada satélite).

En este sentido, para la obtención y evaluación del PW detectado por el sensor se seleccionaron locaciones donde existen estaciones GPS de control geodésico con influencia en el país cuyos datos permitieron la determinación independiente de dicha variable, a saber MARA (Maracaibo, Zulia) de la red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) [13], CN39 (Quebrada Arriba, Lara) y CN41 (El Baúl, Cojedes) ambas pertenecientes a la COCONet (Continuously Operating Caribbean

GPS Observational Network) [14] de la que también se incluyeron las estaciones CN19 (Noord, Aruba), CN38 (Cerrejón, Colombia) y CN40 (Williamsted, Curaçao). La ubicación relativa de estos puntos de control se presenta en la Figura 2.

Un radio de 30 km respecto a cada punto GPS se estableció de forma tal que se garantizara la adecuada cobertura del barrido de la superficie terrestre hecho por el sensor MODIS sobre las zonas de interés; si bien el contenido de vapor de agua presenta alta correlación sobre distancias horizontales de hasta 50 km bajo condiciones meteorológicas estables [15] [16], se consideró prudente reducir este margen en atención a posibles alteraciones atmosféricas de origen diverso. Previamente los datos de Terra se remuestrearon alcanzando la misma resolución espacial consistente con los de Aqua (i.e. 5x5 km), la visualización y tratamiento preliminar de los datos MODIS se llevó a cabo con el software Panoply v4.0.2 [17].

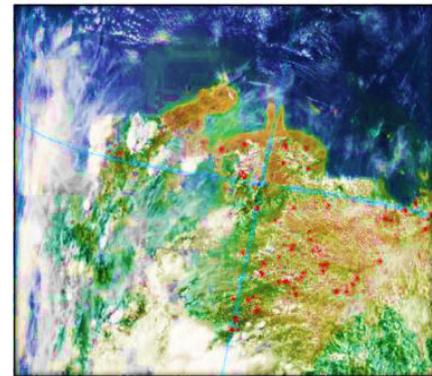
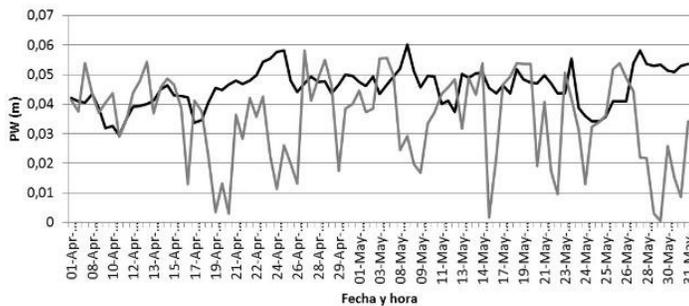


**Figura 2. Ubicación relativa de las estaciones GPS consideradas para la comparación con MODIS.**

Los periodos seleccionados para los datos MODIS quedaron sujetos a la disponibilidad de las series temporales del PW obtenido con GPS en los puntos de control, de esta manera, para la zona circundante a la estación MARA se trabajó con registros de los meses de abril y mayo de 2014 y 2015. Para el caso de las estaciones COCONet, solo dos semanas (última de abril y primera de mayo de 2015) fueron consideradas. Estos periodos representan el final de la temporada de sequía e inicio de la lluviosa para la zona de estudio.

La resolución temporal de los valores del PW se ajustó a la propia de las estaciones COCONet, siendo de 30 minutos [18], de ahí que fue necesario interpolar los correspondientes tanto a MARA como a los aportados por MODIS, los mismos vienen dados cada 5 minutos siendo el tiempo requerido por el sensor para cubrir su área de barrido de acuerdo al movimiento de la plataforma. Un polinomio de cuarto orden permitió esta tarea demostrada su validez sobre la variable de interés por [19].

De todos los valores del PW contenidos dentro del área definida por el radio de 30 km, un PW medio fue estimado, rechazando aquellos que excedieran tres veces la desviación estándar de la muestra [7]. Estos valores pico se presentaron generalmente en presencia de alta nubosidad como se demuestra en la Figura 3.



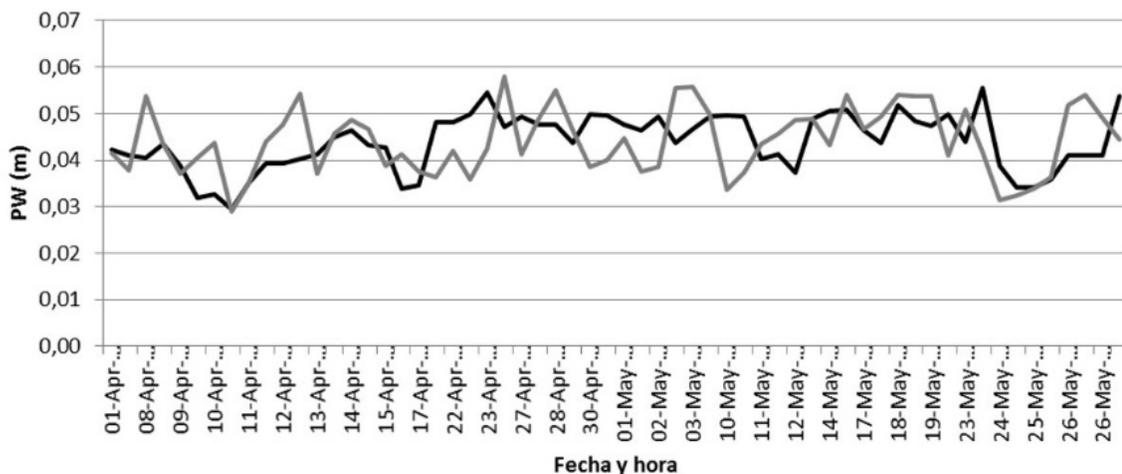
**Figura 3. PW MODIS sin depurar (gris) y GPS (negro) sobre MARA para abril-mayo de 2014 y condiciones de nubosidad sobre la estación para el 26.04.2014 (imagen MODIS).**

Logró evidenciarse que la máscara de nubes altera de manera significativa la bondad del PW MODIS, de ahí que fue necesario ajustar estos valores reduciendo aquellos que fueron captados en zonas con nubosidad en los alrededores de las estaciones GPS. De esta manera, series temporales del vapor de agua con el menor sesgo posible fueron obtenidas.

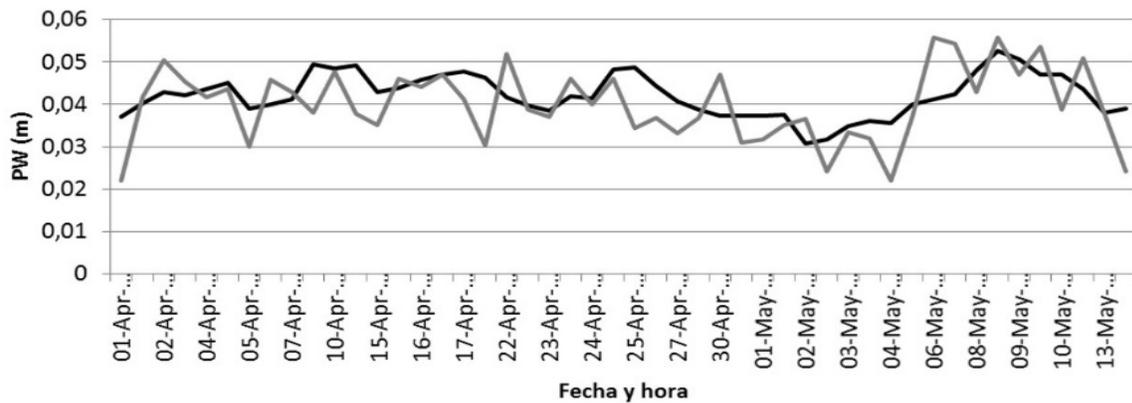
#### **Comparando el vapor de agua MODIS respecto al GPS**

Estimaciones del PW MODIS fueron comparadas con las aportadas por observaciones GPS de alta precisión consideradas como un patrón confiable, de hecho, la caracterización del vapor de agua con dicha técnica geodésica ha permitido contribuir como insumo para la predicción numérica del clima a escala local, regional y global soportando estudios atmosféricos diversos [20] [21] [22]. Detalles sobre la recuperación del PW GPS son ofrecidos por [1] [23] [24] [25].

La Figura 4 corresponde a la comparación entre el PW MODIS y el PW GPS sobre MARA dentro del periodo abril-mayo de 2014, mostrándose una tendencia similar entre ambas series; la diferencia absoluta media entre ambas estimaciones resulta de 0.26 mm, alcanzando valores máximos de hasta 16.10 mm y mínimos de 0.08mm. Para el lapso abril-mayo de 2015 también se aprecia cómo el vapor de agua MODIS resulta cercano al GPS (ver Figura 5), en este caso la discrepancia media fue de 2.12 mm.



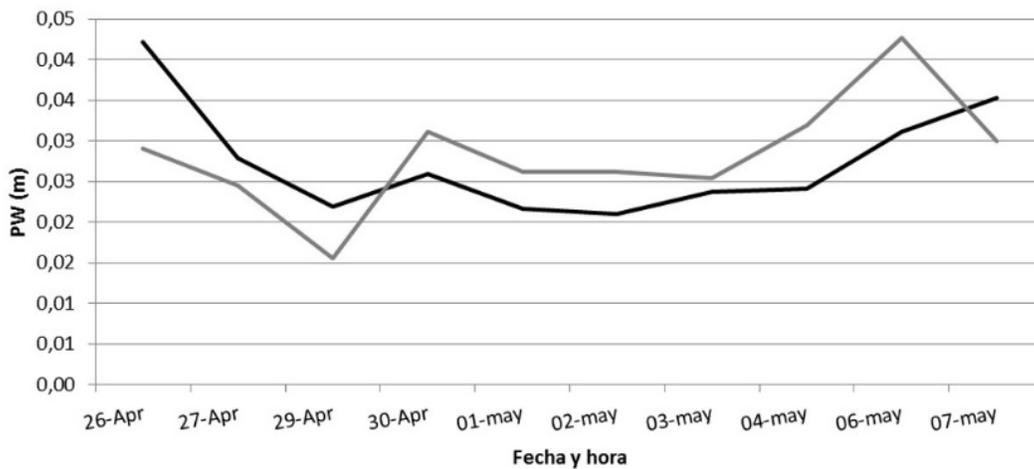
**Figura 4. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre MARA, abril-mayo de 2014.**



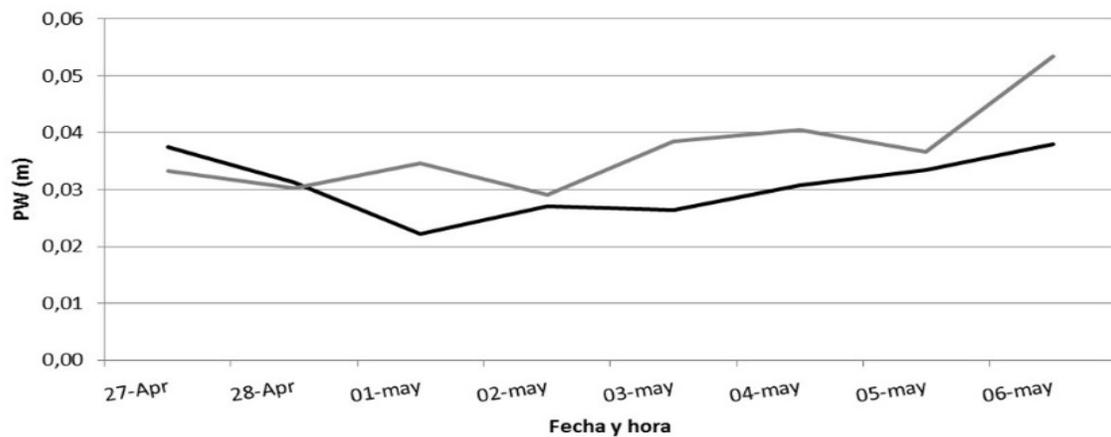
**Figura 5. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre MARA, abril-mayo de 2015.**

Debe resaltarse la consistencia entre las estimaciones hechas sobre una misma locación durante la misma temporada en años distintos revelando el carácter cíclico del clima, con leves aumentos del PW típicos al finalizar abril cuando se inicia el periodo de lluvias en Venezuela. En 2015, también se observa la reducción prolongada de agua gaseosa asociada con la extensión del periodo de sequía. Al respecto, el INAMEH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) en sus boletines mensuales reportó tal situación atribuida a la ocurrencia del fenómeno climático de “El Niño” [26].

Extendiendo la comparación hacia las demás estaciones venezolanas, la correspondencia entre las series de tiempo del PW MODIS y el GPS es mostrada en las Figura 6 y 7. La diferencia media absoluta para la zona de Quebrada Arriba (Edo. Lara) y El Baúl (Edo. Cojedes) se ubicó en 0.79 mm y 1.49 mm respectivamente.



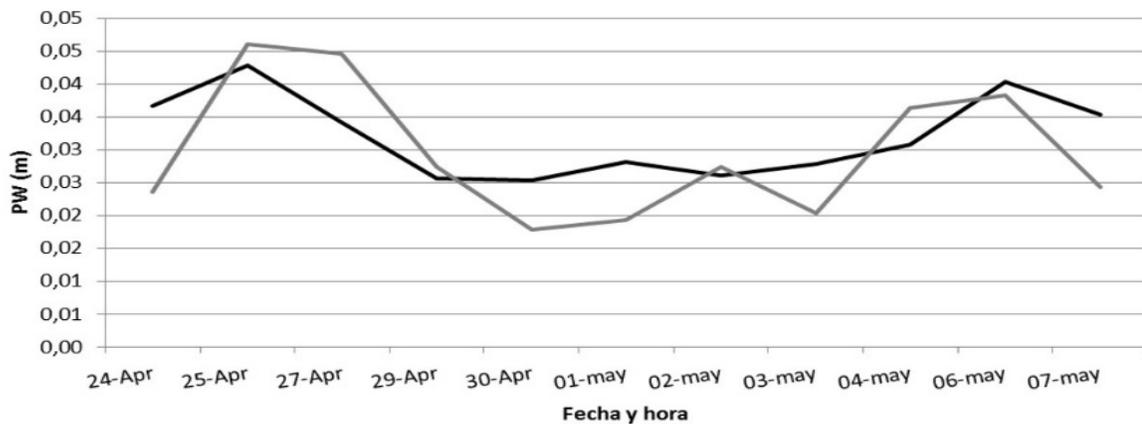
**Figura 6. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre CN39 (Quebrada Arriba, Edo. Lara), abril-mayo de 2015.**



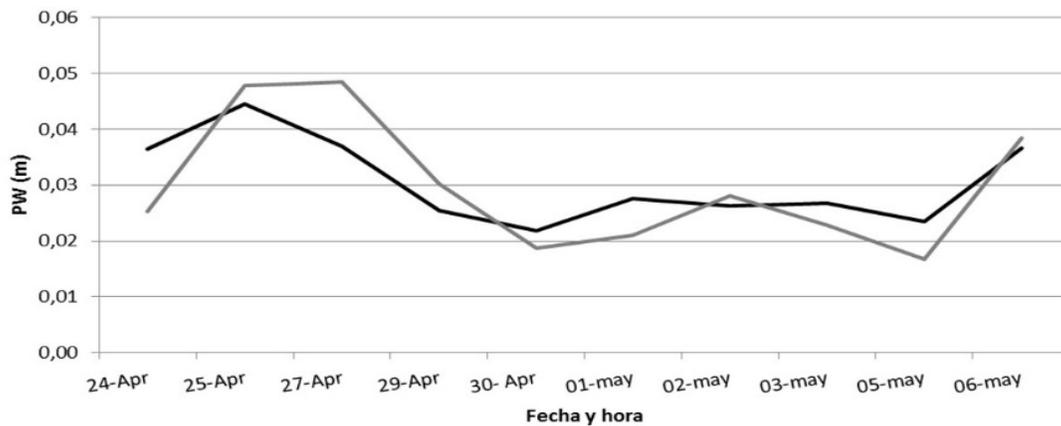
**Figura 7. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre CN41 (El Baúl, Edo. Cojedes), abril-mayo de 2015.**

Para el caso de las estaciones situadas en Aruba y Curaçao, separadas aproximadamente 129 km y con condiciones geográficas, climáticas y meteorológicas similares, la cuantificación del PW MODIS arrojó valores cercanos entre sí, siendo la media de 29.69 mm; el PW GPS fue de 31.34 mm difiriendo solo en 1.65 mm, las series pueden apreciarse en las Figura 8 y 9. Con esto se infiere sobre la representatividad de los productos ofrecidos por el sensor no solo de manera puntual sino también en sitios que guardan correlación espacial sobre la variable de interés.

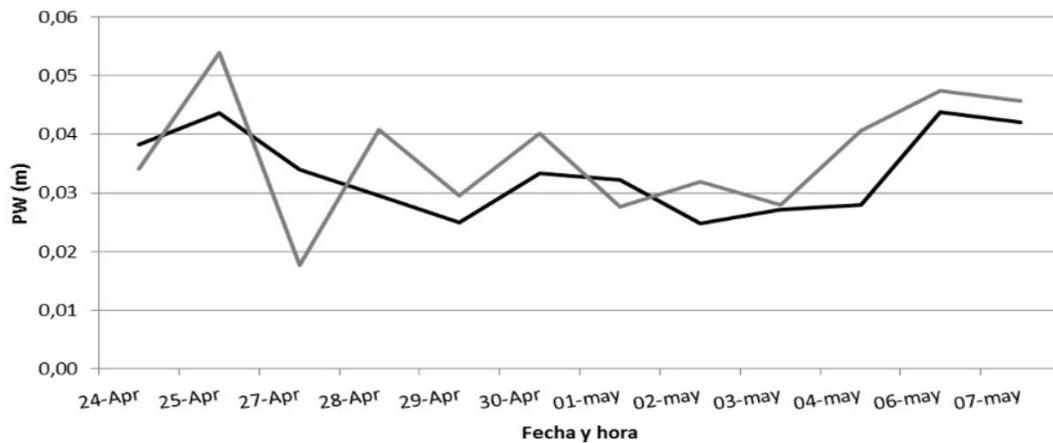
De hecho, se sabe que la cantidad de vapor de agua en la atmosfera varía según la latitud y al estar ambas estaciones a 12° N se verifica esta condición en el caso de los productos MODIS. La estación CN38 si bien se encuentra a la misma latitud presentó un PW medio de 36.48 mm, ligeramente mayor al de la zona de Aruba y Curaçao, lo que se atribuye a diferencias en rasgos geográficos de los sitios (e.g. configuración del relieve, altura sobre el nivel del mar, entre otros). Sin embargo, la cantidad de PW no deja de estar en el mismo orden. La Figura 10 muestra la comparación respecto al PW GPS.



**Figura 8. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre CN19 (Aruba), abril-mayo de 2015.**



**Figura 9. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre CN40 (Curaçao), abril-mayo de 2015.**



**Figura 10. PW MODIS (gris) y GPS (negro) sobre CN38 (Cerrejón, Colombia), abril-mayo de 2015.**

En términos generales, el vapor de agua precipitable MODIS guarda una tendencia cercana con los obtenidos mediante el tratamiento de observaciones satelitales GPS aún y cuando los valores del sensor remoto fueron extraídos y promediados para locaciones adyacentes a las estaciones GPS como se explicó anteriormente. Para los sitios seleccionados y dentro de los periodos evaluados, ambos tipos de estimación solo difieren en 1.78 mm, una separación mayor a los 30 km pudiera introducir sesgos con impacto directo sobre la comparación. Las condiciones meteorológicas particulares como por ejemplo alta nubosidad, también afectan la capacidad de medición del sensor lo que no sucede al recurrir al GPS, a esto se atribuyen los valores pico en las series de tiempo. En todo caso, el uso del sensor MODIS es factible y confiable.

## Conclusiones

La recuperación espacio-temporal del vapor de agua atmosférico que ofrece el sensor MODIS a partir de sus productos MOD05 (Terra) y MYD05 (Aqua), especialmente sobre territorio venezolano, fue objeto de estudio en este trabajo, contrastándola con aquella que desde el punto de vista geodésico es comúnmente implementada basándose en la técnica satelital GPS. Las diferencias medias en las series de tiempo para el periodo evaluado resultaron de aproximadamente  $\pm 2$  mm, lo que sugiere una alta

representatividad y confiabilidad de dicha plataforma de percepción remota. Naturalmente, un análisis más extenso en cuanto a la ventana temporal no deja de ser indispensable.

Los datos del sensor fueron confinados a un radio de 30 km respecto a las seis estaciones de operación continua GPS seleccionadas; luego del tratamiento seguido para lograr comparaciones a un mismo nivel espacial y temporal, se constató no solo su proximidad al vapor de agua sobre estaciones GPS tal como fuera indicado, sino además la influencia negativa de agentes como la nubosidad en las estimaciones de la variable en estudio.

No obstante, al ser los datos MODIS de libre acceso y de uso relativamente sencillo para el usuario, constituyen una solución viable para brindar soporte a diversos estudios climáticos y meteorológicos en el país que permitan un mejor entendimiento de fenómenos de mediano y largo plazo como El Niño. Algunas experiencias han sido reportadas Venezuela, por ejemplo [27]. Se trata así de ampliar las fuentes de datos y considerar metodologías alternativas para ello.

Con los resultados de la investigación realizada, una aplicación práctica inmediata que pudiera plantearse es el seguimiento de esta variable climática sin depender completamente de densas redes de estaciones meteorológicas en tierra, especialmente en sitios de difícil acceso lo que a su vez minimiza costos operativos.

Por otra parte, estos productos también pueden ser utilizados para un modelado inicial del efecto troposférico sobre la señal de sistemas de navegación global similares al GPS como GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), Galileo o BeiDou, considerando que la refracción de la misma en este medio no-dispersivo es una fuente de error principal en estimaciones geodésicas, en la que el vapor de agua aporta cierta contribución. De esta manera, es necesario seguir profundizando sobre este tema de investigación ante la amplia gama de aplicaciones que pueden dársele a los productos atmosféricos del sensor MODIS.

## Referencias bibliográficas

[1] Bevis M., Businger S., Herring T., Rocken C., Anthes R., and Ware R., GPS Meteorology: remote sensing of atmospheric water vapor using the Global Positioning System, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 97, No. D14, (1992), 15787-15801.

[2] Notarpietro R., Cucca M., Bonafoni S., GNSS Signals: a powerful source for atmosphere and Earth's surface monitoring, *Remote Sensing of Planet Earth*, Chemin Y., Ed., (2012), 171-200.

[3] Li X., Zus F., Lu C., Ning T., Dick G., Ge M, Wickert J., and Schuh H, Retrieving high-resolution tropospheric gradients from multiconstellation GNSS observations, *Geophysical Research Letters*, Vol. 42, No. 10, (2015), 4173-4181.

[4] Cioce V., Hoyer M., Wildermann E., Royero G. y Díaz A., Determinación del vapor de agua troposférico a través de observaciones GPS: primeros ensayos en Venezuela, *Rev. Interciencia*, Vol. 36, No. 10, (2011), 721-730.

[5] Gomarasca M., *Basics of Geomatics*, Springer, Dordrecht (2009).

[6] Chuvieco E. Ed., *Earth Observation of Global Change- The Role of Satellite Remote Sensing in Monitoring the Global Environment*, Springer, Berlin (2008).

[7] Leal S. Determinación de los valores de vapor de agua atmosférico mediante el tratamiento de productos de la plataforma de percepción remota MODIS, Trabajo Especial de Grado, Universidad del Zulia, Maracaibo (2016).

[8] Burrows J., Platt U., Borrell P. (Eds.), *The Remote Sensing of Tropospheric Composition from Space*, Springer, Dordrecht (2011).

[9] Ramanathan V. y Vogelmann A., Greenhouse effect, atmospheric solar absorption and the Earth's radiation budget: from the Arrhenius-Langley era to the 1990s, *Ambio*, Vol. 26, No. 1, (1997), 38-46.

[10] King M., Menzel W., Kaufman Y., Tanré D., Gao B., Platnick S., Ackerman S., Remer L., Pincus R., and Hubanks P., Cloud and aerosol properties, precipitable water and profiles of temperatures and water vapor from MODIS, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41. (2003), 442-458.

[11] Gao B. y Kaufman J., The MODIS Near-IR Water Vapor Algorithm, disponible en: <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov>

[12] Gao B., MODIS Atmosphere L2 water vapor product, disponible en: <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov>

[13] Brunini C., Sánchez L., Mackern M.V., Martínez W., de Freitas S., Avances SIRGAS 2011-2015, Simposio SIRGAS 2015, disponible en <http://www.sirgas.org>

[14] UNAVCO, The Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network (COCONet), disponible en <http://coconet.unavco.org>

[15] Seeber G., *Satellite Geodesy*, 2nd Ed., de Gruyter, Berlin (2003).

[16] Torge W. y Müller J., *Geodesy*, 4th Ed., de Gruyter, Berlin (2012).

[17] Schmunk R., Panoply netCDF, HDF and GRIB Data Viewer. NASA Goddard Institute for Space Studies, disponible en <http://www.giss.nasa.gov>

[18] Cioce V., Rincón M.F., Morales R., Espinoza D., Wildermann E., Royero G., Ceballos R., Sánchez L., Actividades del Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia, periodo 2014-2015, Simposio SIRGAS 2015, disponible en <http://www.sirgas.org>

[19] Barroso A. y Estrada K., Implementación del modelo climático ERA-Interim para la estimación de parámetros troposféricos a partir de observaciones GPS, Trabajo Especial de Grado, Universidad del Zulia, Maracaibo (2015).

[20] Jensen A., Numerical weather predictions for GPS positioning, IAG Symposia 128, Sansó F., Ed., (2003), 65-70.

[21] Li X., Dick G., Lu C., Ge M., Nilsson T., Ning T., Wickert J, Schuh H., Multi-GNSS Meteorology: real-time retrieving of atmospheric water vapor from BeiDou, Galileo, GLONASS and GPS observations, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 53, No. 12, (2015), 6385-6393.

[22] Perler D., Geiger A., Hurter F., 4D GPS water vapor tomography: new parameterized approaches, *Journal of Geodesy*. Vol. 85, No. 8, (2011), 539-550.

[23] Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D., *GPS Satellite Surveying*, 4<sup>th</sup> Ed., Wiley, Hoboken (2015).

[24] Misra P. y Enge P., *GPS: Signals, Measurements and Performance*, 2<sup>nd</sup> Ed., Ganga-Jamuna Press, Lincoln (2006).

[25] Cioce V., Aplicación de observaciones GPS para la cuantificación del vapor de agua troposférico en la ciudad de Maracaibo, Trabajo de Grado, Universidad del Zulia, Maracaibo (2009).

[26] INAMEH, Boletín Climático Mensual Abril/Mayo 2015, disponible en: <http://www.inameh.gob.ve>

[27] Gutiérrez E., Caracterización de las condiciones meteorológicas presentes en febrero 2005 sobre Venezuela empleando los productos atmosféricos del sensor MODIS, Terra Nueva Etapa, Universidad Central de Venezuela, Vol. 22, Núm. 31, (2006), 153-173.



# **Análisis elipsométrico de nanoestructuras híbridas Semiconductor/Metal: Co/AlN/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y AlN/Co/AlN/ AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**José R. Fermin<sup>□,1,2</sup>, Dario Rincón<sup>1</sup>, Giovanni Marín<sup>3</sup>, Carlos Chesman Feitosa<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela.

<sup>2</sup> Escuela de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela

<sup>3</sup> Laboratorio de Estructura e Ingeniería de Materiales Nanoestructurados, Centro de Investigación y Tecnología de Materiales, IVIC-Zulia, Maracaibo, Venezuela

<sup>4</sup> Departamento de Física y Tecnología, Universidad Federal de Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.  
jfermin70@gmail.com

## **Resumen**

Presentamos un estudio sobre las propiedades ópticas de nanoestructuras híbridas Co(10 nm)/AlN(5 nm) y AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm), crecidas mediante magnetron evaporación catódica RF asistida por magnetrones, sobre sustratos de  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001). La técnica de Espectroscopia Elipsométrica es empleada para obtener los parámetros elipsométricos ( $\Delta, \Psi$ ), y a partir de estos determinar las funciones dieléctricas ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ). La data experimental es analizada en el marco de modelo teórico de capas equivalentes, el cual consiste en las superposiciones parciales de las propiedades semiconductoras del AlN con las propiedades de transporte electrónico del Co. Estos sistemas poseen las propiedades intrínsecas básicas de los elementos constituyentes, sin embargo, para explicar las propiedades ópticas observadas a nivel de la nano-escala es necesario considerar procesos de relajación electromagnética adicionales, tales como dispersión de luz en las capas de AlN. Otro efecto interesante es el desplazamiento de las oscilaciones plasmónicas volumétricas del AlN y Co desde el UV, hacia la banda VIS en la nanoestructura.

**Palabras clave:** Espectroscopia Elipsométrica; Nitruro de Aluminio; Modelo de Capas Equivalentes; Nanoestructuras híbridas; Modelo de Lorentz Dispersivo.

## **Ellipsometric analysis of hybrid Semiconductor/ Metal nanostructures: Co/AlN/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and AlN/Co/ AlN/ AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

## **Abstract**

Spectroscopic Ellipsometry is employed to characterized the optical properties of Co(10 nm)/AlN(5 nm) and AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm), hybrid nanostructures grown onto  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) substrates by RF magnetron sputtering. The ellipsometric angles ( $\Delta, \Psi$ ) and dielectric functions ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ) were determined in energy range 1.5-4.5 eV, and interpreted in the framework of a model of Single Equivalent Layers, which considers the partial superposition of the semiconducting properties of AlN layers and the electric properties

of Co layer. These systems possess the main intrinsic properties of the single constituent elements, however, to explain the observed optical properties at the nanoscale, additional relaxation processes such as the light dispersion by the AlN layers, must be considered. Another interesting feature to be regarded is the energy shift of the AlN and Co bulk plasmonic oscillations from the UV, to the VIS in the nanostructure.

**Keywords:** Spectroscopic Ellipsometry; Aluminum Nitride; Single Equivalent Layers; Hybrid Nanostructures; Dispersive Lorentz Model.

## Introducción

En el transcurso de la última década los avances en los estudios de nanotecnología no se han hecho esperar, haciendo de ésta área una de las más amplias en cuanto a investigación y desarrollo. La fabricación de nanoestructuras y los métodos utilizados para su obtención han sido tema de investigación debido a su amplio campo de aplicación. Uno de estos campos es la aplicación en dispositivos de almacenamiento. Algunos de los materiales más estudiados para la producción de semiconductores en forma de películas delgadas son los de la familia III-N, dentro de los cuales se encuentran el GaN, InN y AlN, este último es de especial interés ya que posee el mayor valor en el ancho de banda, 6.2 eV para la fase hexagonal y 5.11 eV para la fase cúbica. La importancia en el estudio de este tipo de materiales se atribuye a su uso en la optoelectrónica, para la fabricación de dispositivos en sensores ópticos en el rango UV, como material piezoeléctrico SAW (Surface Acoustic Wave), como componente en circuitos de alta integración cuando se obtienen películas policristalinas orientadas en el eje c, y por último como alternativa para accionamiento de sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS) [1, 2].

Con el emerger de técnicas y métodos experimentales y teóricas cada vez más sofisticados, el interés en el estudio de sistemas nanoestructurados complejos ha llamado la atención de la comunidad científica. Tal es el caso de nanoestructuras híbridas semiconductor/metal basadas en Co/AlN [3]. Estudios sugieren que nanopartículas ó nanocapas de Co incrustadas en matrices con alto índice de reflexión, tal como el AlN, puede incrementar la respuesta magneto-óptica de los sistemas de la nanoestructura. Estos sistemas son considerados de gran importancia tanto desde el punto de vista fundamental como del aplicado, teniendo establecido que tanto el tamaño como la reducción de la simetría del material semiconductor y del metal pueden resultar en un cambio drástico en sus propiedades físicas. Modificar las propiedades ópticas de estos materiales abriría posibilidades tecnológicas, particularmente en dispositivos de almacenamiento de datos de alta densidad, sensores magneto-ópticos, sensores de campo, dispositivos laser, etc.

Para la estabilización de las propiedades físico-químicas de una nanoestructura híbrida es necesario seleccionar el sustrato apropiado. En el caso de estructuras basadas en Co y otros metales de transición se ha utilizado sustratos de Au [5], Pd(111) [6] ó Cu [7]. Como soporte alternativo, los sustratos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> son también utilizados en la deposición de compuestos III-V y II-VI tales como el GaN y AlN para aplicaciones LED y otros microdispositivos electrónicos [4].

En este trabajo presentamos un estudio de las propiedades ópticas de nanoestructuras híbridas semiconductor/metal del tipo AlN/Co sobre sustratos de  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Para esto utilizamos la técnica de la espectroscopía elipsométrica de ángulo fijo, en el rango de energía 1.5 eV hasta 4.5 eV. Este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se describen los métodos experimentales empleados; la Sección 3 presentamos los conceptos y modelos fundamentales para el análisis elipsométrico de nanoestructuras; en la Sección 4, presentamos los resultados y su discusión; la Sección 5 resume los aspectos más relevantes de este trabajo.

## Métodos experimentales

Las muestras objeto de estudio en éste trabajo se fabricaron mediante la técnica de Evaporación Catódica Asistida por Magnetrones (ECAM). Dos sistemas de nanoestructuras se obtuvieron: a) bi-capas de Co(10 nm)/AlN(5 nm)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y b) tri-capas de AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ambos sistemas se depositaron sobre substratos de  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) obtenidos comercialmente. Los substratos fueron sometidos a tratamiento de limpieza con ultrasonido, en baño de metanol durante 10 minutos.

Para la fabricación se utilizó un sistema de evaporación catódica *Balzers/Pfeiffer PLS500*, en la configuración vertical (*sputter-up*), con distancia blanco-substrato de 9 cm. La deposición es asistida por magnetos, con un campo magnetostático entre los imanes de  $\square 10$  Oe. El protocolo de deposición fue el siguiente: a) una capa de 5 nm de AlN es previamente depositada sobre el substrato, utilizando ECAM reactiva con plasma de Ar+N<sub>2</sub>, con frecuencia centrada en 13.5 Mhz; b) sobre la capa de AlN depositamos el Co de espesor de 10 nm de espesor, utilizando deposición con corriente directa; c) para obtener las tri-capas, una última capa de AlN de 10 nm es depositada sobre el Co, sin modificar las condiciones anteriores. La cámara de deposición debe ser mantenida a una presión de base de  $1.2 \times 10^{-7}$  Torr antes de la deposición, y presión de Ar de  $3.3 \times 10^{-3}$  Torr, durante todo el proceso. La pureza del argón y de los elementos puros (Al, Co) es de 99.999% y 99.99%, respectivamente. La temperatura del substrato será de 400°C, y con una potencia aplicada de 20 W. El espesor de las películas es controlado mediante un cristal de cuarzo calibrado. Antes de proceder con las medidas experimentales las muestras fueron limpiadas en un baño de ultrasonido con etanol grado analítico durante 10 minutos seguidamente fueron pasados por nitrógeno seco.

Las medidas de elipsometría se realizaron en un Elipsómetro Espectroscópico marca J. A Woollam, Modelo M-2000x, en la configuración esquematizada en la Fig. 1. En esta configuración luz blanca no-polarizada, emitida por una fuente de Xenón de 75 W, pasa por un polarizador, que re-transmite la luz linealmente polarizada con el campo eléctrico paralelo a una dirección preferencial ( $p, s$ ). La luz incide con un ángulo de 70° y es redirigida hacia un polarizador de rotación continua (analizador). La cantidad de luz detectada dependerá de la orientación del campo eléctrico de la elipse con respecto al eje de analizador. Del detector, la luz es enviada a un sistema electrónico que la convierte en señal digital. Esta información es comparada con la señal de referencia (luz inicial) para determinar los cambios de polarización. Las medidas fueron realizadas en el rango de energías 1.5-4.5 eV a temperatura ambiente. Los parámetros obtenidos del experimento son la variación de amplitud y la diferencia de fase ( $\Psi, \Delta$ ) de la radiación reflejada con respecto a las direcciones ( $p, s$ ).

## Consideraciones teóricas

Los fundamentos teóricos de la Espectroscopia Elipsométrica han sido ampliamente discutidos en muchos textos y trabajos clásicos [8,9]. Sin embargo, en este trabajo discutimos algunos de los conceptos teóricos necesarios para la interpretación adecuada de una medida de elipsometría en películas delgadas y nanoestructuras complejas.

La señal de elipsometría es determinada a través de la reflectancia en términos de los parámetros elipsométricos ( $\Psi, \Delta$ ). Teóricamente, la reflectancia se expresa en términos de los coeficientes de Fresnel  $R_{p,s}$  en las direcciones ( $p, s$ ), mediante la función compleja,

$$\tilde{\rho} = \frac{R_p}{R_s} = \tan(\Psi) \exp(i\Delta) = \rho_1 + i\rho_2 \quad (1)$$

donde  $\tan(\Psi)$ , y  $\Delta$ , son la amplitud relativa y la diferencia de fase entre las componentes ( $p, s$ ) de la luz reflejada. La interacción de la materia con la radiación electromagnética es descrita mediante la función dieléctrica compleja, dada por la expresión,

$$\tilde{\varepsilon}(\omega) = \varepsilon_1(\omega) + i\varepsilon_2(\omega) = \sin^2 \Phi_0 \left[ 1 + \tan^2 \Phi_0 \left( \frac{1 - \tilde{\rho}}{1 + \tilde{\rho}} \right)^2 \right] \quad (2)$$

donde  $\Phi_0$  es el ángulo de incidencia. Las componentes de la función dieléctrica contienen toda la información relevante sobre las propiedades ópticas de la materia, y se obtienen del experimento combinando con la función compleja (1). Después del álgebra, expresamos las componentes de la función dieléctrica (2) mediante las ecuaciones,

$$\varepsilon_1(\omega) = \sin^2 \Phi_0 \left[ 1 + \tan^2 \Phi_0 (a^2 - b^2) \right] \quad (3)$$

$$\varepsilon_2(\omega) = -2 \sin^2 \Phi_0 a b \tan^2 \Phi_0 \quad (4)$$

siendo,

$$a = \frac{(1 - \rho_1)(1 + \rho_2) + \rho_2^2}{(1 + \rho_1)^2 - \rho_2^2} \quad (5)$$

$$b = \frac{2\rho_1 \rho_2}{(1 + \rho_1)^2 - \rho_2^2} \quad (6)$$

Esto parece una tarea simple, sin embargo en una nanoestructura el análisis de estas funciones no es trivial, requiriendo de modelos teóricos realísticos que incorporen los efectos de cada sub-elemento de la nanoestructura y que permitan comprender los mecanismos físicos responsables de los procesos de absorción óptica. En las siguientes secciones discutiremos algunos de los modelos más básicos para la interpretación de un espectro elipsométrico en nano-estructuras híbridas semiconductor/metal

### Absorción óptica en semiconductores. Modelo de osciladores de Lorentz

La absorción óptica en semiconductores está fuertemente ligada a las transiciones directas e indirectas en su estructura de bandas. Estas transiciones a su vez están relacionadas con las oscilaciones armónicas atómicas, de origen electrónico. Para comprender mejor el significado de la ecuación (2), consideremos un sistema de dipolos eléctricos de carga  $e$  y masa  $m$ , oscilando armónicamente con frecuencia natural  $\omega_0$  cuando son sometidos a la acción de un campo electromagnético polarizante  $E(\omega, t) = E \exp(-i\omega t)$ . La ecuación de movimiento de este sistema es,

$$m \frac{\partial^2 r}{\partial t^2} + m\gamma \frac{\partial r}{\partial t} + m\omega_0^2 r = -eE \exp(-i\omega t) \quad (7)$$

donde  $\gamma$  es la constante de amortiguamiento, ó dispersiva del medio. La solución de la Ec. (7) es

$$r = \frac{-eE/m}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\gamma\omega} \quad (8)$$

La respuesta de estos dipolos viene determinada por la polarizabilidad,  $P$ ,

$$P = -\frac{erN}{V} = \frac{(e^2N/mV)E}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\gamma\omega} \quad (9)$$

Por otro lado, de las relaciones constitutivas del campo electromagnético corregidas,  $P = P_0 + \chi_e E$  y  $\varepsilon = 1 + 4\pi\chi_e$ , donde  $P_0$  es la contribución de la matriz semiconductor a las propiedades del material,  $\varepsilon$  la función dieléctrica compleja del medio y  $\chi_e$  la susceptibilidad eléctrica. Con esto, obtenemos las funciones dieléctricas

$$\tilde{\varepsilon}(\omega) = (1 + \varepsilon_0) + 4\pi \frac{(e^2N/mV)}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\gamma\omega} = \varepsilon_1 + i\varepsilon_2 \quad (10)$$

$$\varepsilon_1 = (1 + \varepsilon_0) + \frac{4\pi e^2 N}{mV} \frac{(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2} \quad (11)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{4\pi e^2 N}{mV} \frac{\gamma\omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2} \quad (12)$$

ó, en términos de la energía del fotón,  $E$ ,

$$\varepsilon_1 = (1 + \varepsilon_0) + \frac{(E_0^2 - E^2)E_P^2}{(E_0^2 - E^2)^2 + E_\gamma^2 E^2} \quad (13)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{E_P^2 E_\gamma E}{(E_0^2 - E^2)^2 + E_\gamma^2 E^2} \quad (14)$$

donde  $E_0$  es la energía de las transiciones electrónicas de interbanda,  $E_\gamma$  la energía dispersada y  $E_P = 4\pi e^2 N \square^2 / m^* V$  es la energía de las oscilaciones armónicas de los dipolos atómicos. Estas oscilaciones están en fase y se les denomina comúnmente plasma semiconductor.  $m^*$  es la masa efectiva del electrón en el semiconductor y sustituye a la masa electrónica en el vacío. En general, las ecuaciones (13)-(14) se pueden reescribir como una sumatoria de términos oscilatorios del tipo,

$$\varepsilon_1 = (1 + \varepsilon_0) + \sum_i \frac{(E_{0i}^2 - E^2)E_P^2}{(E_{0i}^2 - E^2)^2 + E_{\gamma i}^2 E^2} \quad (15)$$

$$\varepsilon_2 = \sum_i \frac{E_P^2 E_{\gamma i} E}{(E_{0i}^2 - E^2)^2 + E_{\gamma i}^2 E^2} \quad (16)$$

donde el subíndice “ $i$ ” se refiere a la  $i$ -ésima oscilación armónica. Existen semiconductores dieléctricos sin dispersión de luz, no absorbentes ópticos ( $E_{yi} = 0$ ), y la función dieléctrica queda expresada como

$$\varepsilon_1 = (1 + \varepsilon_0) + \sum_i \frac{E_p^2}{(E_{0i}^2 - E^2)} \quad (17)$$

$$\varepsilon_2 = 0 \quad (18)$$

Ejemplo de estos materiales son los semiconductores nitrogenados III-N (AlN, GaN, InN) [1], y óxidos semiconductores  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, etc. [10, 11]. La función dieléctrica,  $\varepsilon_i$ , para AlN cristalino es obtenida de la literatura y presentada en la Figura 2, en el rango de energías 1.0-5.0 eV [10]. La curva continua es calculada mediante la función de Lorentz (17) en la forma

$$\varepsilon_1 \cong 2.0 + \frac{170}{(6.5^2 - E^2)} \quad (19)$$

De acuerdo con esta ecuación, en este rango de energías, el material presenta una transición electrónica alrededor de 6.5 eV, con oscilaciones de plasma cerca de  $\approx 13$  eV. La correspondencia entre teoría y experimento es aceptable en el rango de energías en consideración. Obsérvese también que la constante dieléctrica estática  $\varepsilon_0 \neq 1$ .

### Absorción óptica en metales. Modelo de Drude.

El modelo de Drude es la aproximación clásica para describir el movimiento de electrones libres en presencia de un campo electromagnético. El modelo de Drude proporciona una base de la mecánica clásica para la conductividad óptica de los metales y se basa en la aplicación de la teoría cinética a los electrones en un sólido.

Consideremos el movimiento de una partícula de carga  $q$  confinada dentro de un metal isotrópico y homogéneo, realizando colisiones inelásticas entre ellos, con frecuencia  $1/\tau$ . Las ecuaciones que gobiernan el movimiento de la carga en presencia de un campo eléctrico oscilante dado por la onda plana  $E(\omega, t) = E_0 \exp(-i\omega t)$  son:

$$m^* \frac{dv}{dt} + m^* \frac{v}{\tau} = qE(\omega, t) \quad (20)$$

$$J(\omega, t) = \sigma(\omega) E(\omega, t) = Nqv \quad (21)$$

donde  $J$  es la densidad de corriente,  $\sigma = \sigma_1 + i\sigma_2$  es la conductividad óptica compleja,  $N$  la densidad de cargas por unidad de volumen,  $m^*$  la masa efectiva del portador  $\tau$  es el tiempo de relajación y  $v$  la velocidad de la carga. Combinando (20) con (21) y asumiendo que la velocidad está en fase con el campo externo ( $\propto \exp(-i\omega t)$ ), obtenemos que la conductividad óptica compleja es,

$$\sigma(\omega) = \sigma_1 + i\sigma_2 = \sigma_0 \frac{1}{1 - i\omega\tau} \quad (22)$$

Aquí  $\sigma_0 = Nq^2\tau/m^* = \omega_p^2\tau/4\pi$ , es la conductividad dc y  $\omega_p$  la frecuencia del plasma electrónico en el metal. Las componentes real e imaginaria son,

$$\sigma_1(\omega) = \sigma_0 \frac{1}{1 + \omega^2\tau^2} = \frac{1}{4\pi} \frac{\omega_p^2\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \quad (23)$$

$$\sigma_2(\omega) = \sigma_0 \frac{\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} = \frac{1}{4\pi} \frac{\omega_p^2\tau^2}{1 + \omega^2\tau^2} \omega \quad (24)$$

De acuerdo con la teoría electromagnética clásica, la respuesta del metal a la radiación electromagnética se expresa en términos de la conductividad y es descrita por las funciones dieléctricas,

$$\varepsilon_1(\omega) = \varepsilon_\infty - \frac{4\pi}{\omega} \sigma_2(\omega) \quad (25)$$

$$\varepsilon_2(\omega) = \frac{4\pi}{\omega} \sigma_1(\omega) \quad (26)$$

Finalmente, expresadas en términos de la energía del fotón,  $E = \hbar\omega$ , las ecuaciones (19) y (20) se reescriben como,

$$\varepsilon_1(E) = \varepsilon_\infty - \frac{1}{1 + (E/E_\tau)^2} \frac{E_p^2}{E_\tau^2} \quad (27)$$

$$\varepsilon_2(E) = \frac{1}{1 + (E/E_\tau)^2} \frac{E_p^2}{E_\tau E} \quad (28)$$

En el caso de un metal con transiciones de interbanda, estas ecuaciones deben combinarse con un término del tipo de Lorentz. El mismo argumento aplica para un semiconductor con pérdidas por conducción. A estos se les llama comúnmente modelos de Drude-Lorentz. Ejemplo de estos metales son los metales de transición tales como Fe, Ni, Cr, Co. Estos metales muestran una región de absorción alrededor de  $\approx 2.0$  eV en su espectro óptico [12]. Las funciones dieléctricas del Co volumétrico son obtenidas de la literatura [13] y se muestran en la Fig. 3. Las curvas segmentadas representan las contribuciones de Drude y Lorentz por separado. Las curvas continuas son ajustes numéricos empleando el modelo dispersivo de Drude-Lorentz,

$$\varepsilon_1(E) = (1 + \varepsilon_0 + \varepsilon_\infty) - \frac{1}{1 + (E/E_\tau)^2} \frac{E_{p,D}^2}{E_\tau^2} + \frac{(E_0^2 - E^2)E_{p,L}^2}{(E_0^2 - E^2)^2 + E_\gamma^2 E^2} \quad (29)$$

$$\varepsilon_2(E) = \frac{1}{1 + (E/E_\tau)^2} \frac{E_{P,D}^2}{E_\tau E} + \frac{E_{P,L}^2 E_\gamma E}{(E_0^2 - E^2)^2 + E_\gamma^2 E^2} \quad (30)$$

donde los sub-índices “D” y “L” se refieren a “Drude” y “Lorentz”, respectivamente. La mejor coincidencia simultánea entre  $\varepsilon_1$  y  $\varepsilon_2$  con la teoría, se obtuvo con los valores  $\varepsilon_0 + \varepsilon_\infty = 3.3$ ,  $E_0 = 1.90 \text{ eV}$ ,  $E_\gamma = 2.20 \text{ eV}$ ,  $E_{PL} = 5.30 \text{ eV}$ ,  $E_\tau = 5.55 \text{ eV}$ ,  $E_{PD} = 7.75 \text{ eV}$ . En el rango de energías  $E > 2.0 \text{ eV}$ , el Co presenta un comportamiento típico de un metal normal. Sin embargo cerca de  $2.0 \text{ eV}$ ,  $\varepsilon_1$  muestra una estructura débil y ancha, asociada con una oscilación armónica. Sin embargo, esta oscilación no es suficientemente intensa como para afectar el espectro de  $\varepsilon_2$ , como puede observarse en la Figura insertada. Los círculos abiertos son los valores experimentales de la función  $\varepsilon_2$  y la curva continua es calculada mediante el modelo de Drude-Lorentz utilizando  $E_{PL} \approx 0.0 \text{ eV}$  en (30).

### Absorción óptica en sistemas nanoestructurados. Modelo de capas equivalentes

El estudio de las propiedades ópticas de la materia a nivel nanoscópico no es una tarea simple. Esto es porque en ésta escala las superficies e interfaces predominan sobre las propiedades el sólido volumétrico, introduciendo efectos que modifican drásticamente las propiedades del material. Por otro lado, las teorías electrodinámicas clásicas son inaplicables en la mayoría de los casos, debiéndose aplicar teorías basadas en la mecánica cuántica. Sin embargo, cuando el tamaño de los elementos constituyentes de la nanoestructura es pequeño en comparación con la longitud de onda de la radiación, esta se puede considerar isotrópico y homogéneo. Considerando que cada elemento de la nanoestructura es homogéneo e isotrópico podemos extender el modelo de capas equivalentes [14] a la función dieléctrica compleja.

$$\varepsilon_1^{eff} = \sum_{i=1} \frac{d_i}{D} \varepsilon_{1i}^L + \sum_{j=1} \frac{d_j}{D} \varepsilon_{1j}^D + \varepsilon_{1S} \quad (31)$$

$$\varepsilon_2^{eff} = \sum_{i=1} \frac{d_i}{D} \varepsilon_{2i}^L + \sum_{j=1} \frac{d_j}{D} \varepsilon_{2j}^D \quad (32)$$

La respuesta electromagnética de la nanoestructura se puede describir entonces a través de funciones efectivas de la forma, donde  $d_p$ ,  $d_i$  son los espesores del elemento semiconductor y metálico, respectivamente, y  $D$  es el espesor total de la muestra.  $\varepsilon_{ji}^L$  y  $\varepsilon_{2i}^L$  representan las funciones dieléctricas del semiconductor expresadas en las ecuaciones (15) y (16), y  $\varepsilon_{ij}^D$  y  $\varepsilon_{2j}^D$  son las funciones dieléctricas del metal dadas por las ecuaciones (27) y (28).  $\varepsilon_{1S}$  es la función dieléctrica real del sustrato. En nano-estructuras basadas en AlN y Co, con sustrato transparente de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , las funciones dieléctricas se pueden expresar como,

$$\varepsilon_1^{eff} = \frac{d_{AlN}}{D} \varepsilon_1^{AlN} + \frac{d_{Co}}{D} \varepsilon_1^{Co} + \varepsilon_{1S} \quad (33)$$

$$\varepsilon_2^{eff} = \frac{d_{AlN}}{D} \varepsilon_2^{AlN} + \frac{d_{Co}}{D} \varepsilon_2^{Co} \quad (34)$$

para la nanoestructura doble AlN/Co, y

$$\varepsilon_1^{eff} = \frac{d_{AlN,1}}{D} \varepsilon_{1,1}^{AlN} + \frac{d_{Co}}{D} \varepsilon_1^{Co} + \frac{d_{AlN,2}}{D} \varepsilon_{1,2}^{AlN} + \varepsilon_{1s} \quad (35)$$

$$\varepsilon_2^{eff} = \frac{d_{AlN,1}}{D} \varepsilon_{2,1}^{AlN} + \frac{d_{Co}}{D} \varepsilon_2^{Co} + \frac{d_{AlN,2}}{D} \varepsilon_{2,2}^{AlN} \quad (36)$$

para la nanoestructura triple AlN/Co/AlN. A pesar que el AlN en estado volumétrico es casi transparente ( $\varepsilon_2 \approx 0$ ) en la región de energía en estudio, en la nano-escala pueden ocurrir la absorción y la dispersión de luz debido a impurezas ó defectos. Así mismo, las funciones dieléctricas de la capa de Co ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ) contienen términos oscilatorios y de Drude, como se mostró en la Sección 3.2. Para introducir el efecto del sustrato, consideraremos que el  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es casi transparente en la región de trabajo y utilizaremos el valor reportado  $\varepsilon_s \approx 1.30$  [11].

## Resultados y discusión

Los parámetros elipsométricos ( $\Delta, \Psi$ ) son presentados en la Fig. 4 para los tres sistemas en consideración: (a) Co(10 nm)/AlN(5 nm), (b) AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm). Los rasgos más resaltantes de estos parámetros son: (1) Las muestras Co(10 nm)/AlN(5 nm) y AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm) presentan similar amplitud relativa en ambos sistemas, un decaimiento en el cambio de fase a medida que aumenta la energía, y un máximo local entorno de 2.0 eV; (2) ausencia de oscilaciones en  $\Delta$  y  $\Psi$ . Estas oscilaciones son observadas en nanoestructuras regulares y son asociadas con reflexiones múltiples en la interfaces y rugosidades. En particular, estas estructuras se han reportado en nanoestructuras similares de AlN/SiO<sub>2</sub> y AlN/Co [15, 20]. Las funciones dieléctricas de las nanoestructuras son obtenidas a partir del par de parámetros elipsométricos ( $\Delta, \Psi$ ) resolviendo las ecuaciones (1)-(6). Las funciones dieléctricas ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ) así obtenidas son presentadas en la Fig. 5: (a) Co(10 nm)/AlN(5 nm), (b) AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm).

Las curvas continuas gruesas son calculadas mediante el modelo de capas equivalentes descrito en la Sección 3.3, donde las funciones dieléctricas de cada elemento de la nanoestructura se describen a través del modelo dispersivo de Lorentz-Drude. La mejor coincidencia teoría-experimento fue obtenida con los parámetros enlistados en la Tabla 1. Los espesores obtenidos de la teoría concuerdan con los determinados durante la fase de fabricación. Observamos una variedad de efectos interesantes en estas nanoestructuras **híbridas**. Los parámetros obtenidos tienen valores razonables en comparación con los calculados para los El efecto de la capa de AlN sobre el Co, en la tri-capa, disminuye la intensidad del máximo de absorción alrededor de la oscilación típica de Co entorno de 2.0 eV. Aunque el AlN no es absorbente en el rango óptico, en ciertos casos puede absorber la radiación por efecto de impurezas materiales puros (ver Secc. 3.1 y 3.2). Primeramente, las transiciones inter-banda debido al AlN y Co ocurren a energías muy cercanas de aquellas esperadas en los respectivos materiales en estado volumétrico.

Las capas de AlN contribuyen con oscilaciones de plasma en el rango de energía **óptico** 2.0-3.0 eV, mucho menor que el valor de 13.0 eV en el semiconductor volumétrico. Así mismo, el plasma electrónico en el Co volumétrico se desplaza desde la banda UV ( $\approx 7.75$  eV), hasta el centro de la banda visible en las nanoestructuras (1.30-2.80 eV). Esto no es contradictorio, ya que, siendo la oscilación de plasma una propiedad colectiva del sólido continuo, es de esperar que en una nanoestructura estas oscilaciones se

activen a menor energía. Esto es interesante ya que proporciona a estas estructuras propiedades ideales para una diversidad de aplicaciones tecnológicas tales como, recubrimientos ópticos [15], super-lentes ópticas [16], terapia parasítica [17], circuitos opto-electrónicos [18] y otros dispositivos ultra-rápidos [19]. Otro aspecto que debe ser resaltado es el valor no nulo de la energía de dispersión en las capas de AlN,  $E_g^{AlN} \approx 1.28 \text{ eV}$ , en ambos sistemas. Al reducir las dimensiones del material hasta la nanoescala, las propiedades ópticas del semiconductor sólo pueden estabilizarse dispersando energía electromagnética a través de las impurezas y defectos. Por lo contrario esto no se observa en la capa de Co, en la cual los efectos de dispersión de energía son del mismo orden que en el material volumétrico.

Cabe mencionar, que en ambos sistemas Co(10 nm)/AlN(5 nm) y AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm) existe una ligera desviación entre teoría y experimento a energías  $E < 2.0 \text{ eV}$ , como puede observarse claramente. Esta discrepancia puede ser debida a que el modelo teórico no considera algunos efectos tales como: la formación de algún compuesto intermetálico en las interfaces Co/AlN, posiblemente AlCo, ya que estas interfaces son muy reactivas [20]; las propiedades ópticas de las dos capas de AlN en las tri-capas son consideradas idénticas, lo cual es poco probable a nivel de la nano-escala; tampoco se consideran pérdidas por conducción en el AlN. Las líneas punteadas ( $\epsilon_1$ ) y continuas delgadas ( $\epsilon_2$ ) que se observan en los paneles 6(a) y 6(b), representan las contribuciones de las capas de Co y AlN a cada función dieléctrica, por separado, y son calculadas a partir del modelo de capa equivalente. Podemos notar que el perfil de las curvas experimentales coincide cualitativamente con la contribución del Co. Las capas de AlN contribuyen con un fondo de absorción relativamente constante, esto, debido los procesos de dispersión discutidos previamente.

## Conclusiones

La espectroscopia elipsométrica es empleada para estudiar las propiedades ópticas de nanoestructuras híbridas Co/AlN y AlN/Co/AlN crecidas sobre sustratos de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , mediante evaporación catódica RF asistida por magnetrones. Los parámetros elipsométricos no presentan la estructura oscilatoria característica de reflexiones múltiples. Probablemente debido a que las interfaces entre Co y AlN no son bien definidas. A partir de los ángulos elipsométricos, determinamos las funciones dieléctricas ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ) de las muestras. La data experimental es interpretada en el marco de un modelo teórico de capa equivalente, en el cual las propiedades de las capas de AlN son debidas a las oscilaciones armónicas atómicas, y son superpuestas a las propiedades electrónicas de la capa de Co. La concordancia del modelo teórico con la data experimental es en general aceptable introduciendo términos de absorción por dispersión electromagnética en el semiconductor. Esta dispersión de luz es asociada a la inclusión de defectos debidos a los efectos de tamaño de las capas semiconductoras. Encontramos además que las oscilaciones del plasma en AlN y Co volumétricos, se desplazan desde el *UV* al centro de la banda *VIS*. Esto confiere a las nanoestructuras Co/AlN y AlN/Co/AlN propiedades únicas para nuevas aplicaciones tecnológicas.

## Referencias bibliográficas

- [1] Kung P. and Razeghi M., III-Nitride wide bandgap semiconductors: a survey of the current status and future trends of the material and device technology, *Opto Electronics Review*, Vol. 8, No. 3, (2000), 201-239.
- [2] Technology Watch: An Introduction to MEMS, Prime Faraday Partnership, Loughborough University, UK (2002)
- [3] Yang C. J., Zhang M., Zhang Z. D. and Han J. S., Nanoscale Microstructure and Magnetic Transport in AlN/Co/AlN/Co... Discontinuous Multilayers, *Journal of Magnetism*, Vol. 8, No. 2, (2003), 98-102.

- [4] Huttel Y., Gómez H., Clavero C., Cebollada A., Armelles G., Navarro E., Ciria M., Benito L., Arnaudas J. I. and Kellog A. J., Cobalt nanoparticles deposited and embedded in AlN: Magnetic, magneto-optical, and morphological properties, *J. Appl. Phys.*, Vol. 96, No. 3, (2004), 1666-1673.
- [5] Dürr H. A., Dhesi S. S., Dudzik E., Knabben D., van der Laan G., Goedkoop J. B. and Hillebrecht F. U., [Spin and orbital magnetization in self-assembled Co clusters on Au\(111\)](#), *Phys. Rev. Vol.* 59, No. 701, (1999).
- [6] Félix-Medina R., Dorantes-Dávila J. and Pastor G. M., [Ground-state magnetic properties of CoN clusters on Pd\(111\): Spin moments, orbital moments, and magnetic anisotropy](#), *Phys. Rev. Vol.* 67, 094430, (2003)
- [7] Klautau A.B., Frota-Pessôa S., [Magnetism of Co clusters embedded in Cu\(0 0 1\) surfaces: an ab initio study](#), *Surf. Sci.* 497, (2002), 385-397.
- [8] Tompkins H. G., E. Irene A. (Eds.), *Handbook of Elipsometry*, William Andrew Pub., NY (2005).
- [9] Fujiwara H., *Spectroscopic Elipsometry Principles and Applications*, John Wiley & Sons., England (2007).
- [10] Palik E. D. (Ed.), *Handbook of Optical Constants*, Academic Press Inc., NY. Vol. I, (1985) y Vol. II, (1991).
- [11] Wakaki M., Kudo K., and Shibuya T. (Eds.), *Physical Properties and Data of Optical Materials*, CRC Press, Taylor & Francis Group, USA (2007).
- [12] Johnson P. B. and R. Christy W., *Optical Constants of Transition Metals: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, and Pd*, *Phys. Rev. Vol.* 9, No. 12, (1974), 5056-5070.
- [13] Weaver J. H., *Optical Properties of Metal, Part 1: The Transition Metals Physics Data*, Nro. 18-1, Germany (1981).
- [14] Atkinson R., and Dodd P. M., *Optical and Magneto-optical Properties of Sputter-deposited Co/Cu Multilayers*, *J. Magn. Magn. Mater.* 173, (1997), 202-214.
- [15] Schurig D., Mock J. J., Justice B. J., Cummer S. A., Pendry J. B., Starr A. F. and Smith D. R., *Metamaterial Electromagnetic Cloak at Microwave Frequencies*, *Science* 314, (2006), 977-980.
- [16] Ramakrishna, S. A. and Pendry J. B., [Removal of absorption and increase in resolution in a near-field lens via optical gain](#), *Phys. Rev. Vol.* 67, 201101-02, (2003).
- [17] Pissuwan D., Valenzuela S. M., Miller C. M., and Cortie M. B. A., [Golden Bullet? Selective Targeting of Toxoplasma gondii Tachyzoites Using Antibody-Functionalized Gold Nanorods](#), *Nano Lett.* 7, (2007), 3808-3812.
- [18] Engheta N., *Circuits with Light at Nanoscales: Optical Nanocircuits Inspired by Metamaterials*, *Science*, 317, (2007), 1698-1702.
- [19] MacDonald K. F., Samson Z. L., Stockman M. I., and Zheludev N. I., *Ultrafast active plasmonics*, *Nat. Photon*, 3, (2009), 55-58.
- [20] Vovk V., Schmitz G., and Kirchheim R., *Three-dimensional atom probe investigation of Co/Al thin film reaction*, *Microelectronic Engineering*, 70, (2003), 533-538.

## Leyendas

**Figura 1.** Diagrama esquemático del montaje experimental para las medidas de elipsometría.

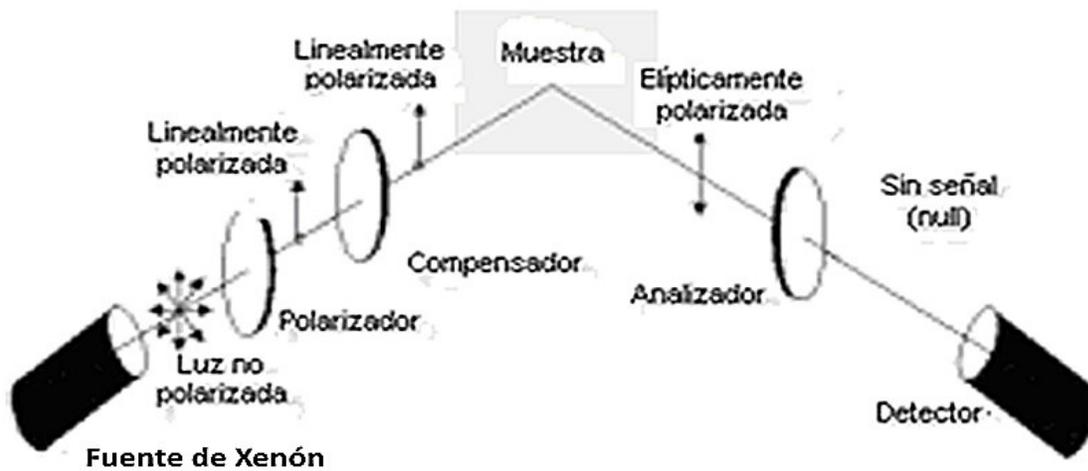
**Figura 2.** Función dieléctrica,  $\epsilon_1$ , del AlN volumétrico. La curva continua es calculada empleando el modelo de osciladores de Lorentz, tal y como se describe en el texto.

**Figura 3.** Funciones dieléctricas, ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ), del Co volumétrico. Las curvas continuas son calculadas empleando los modelos de osciladores de Lorentz y de Drude, tal y como se describe en el texto.

**Figura 4.** Parámetros elipsométricos ( $\Psi, \Delta$ ) para: (a) Co(10nm)/AlN(5nm), (b) AlN(10nm)/Co(10nm)/AlN(5nm).

**Figura 5.** Funciones dieléctricas ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ) para las nanoestructuras: (a) Co(10nm)/AlN(5nm), (b) AlN(10nm)/Co(10nm)/AlN(5nm). Las curvas continuas son calculadas con el modelo descrito en el texto.

**Tabla 1.** Parámetros obtenidos de los ajustes numéricos de las funciones dieléctricas ( $\epsilon_1, \epsilon_2$ ) utilizando el modelo de capas equivalentes descrito en la Secc. 3.



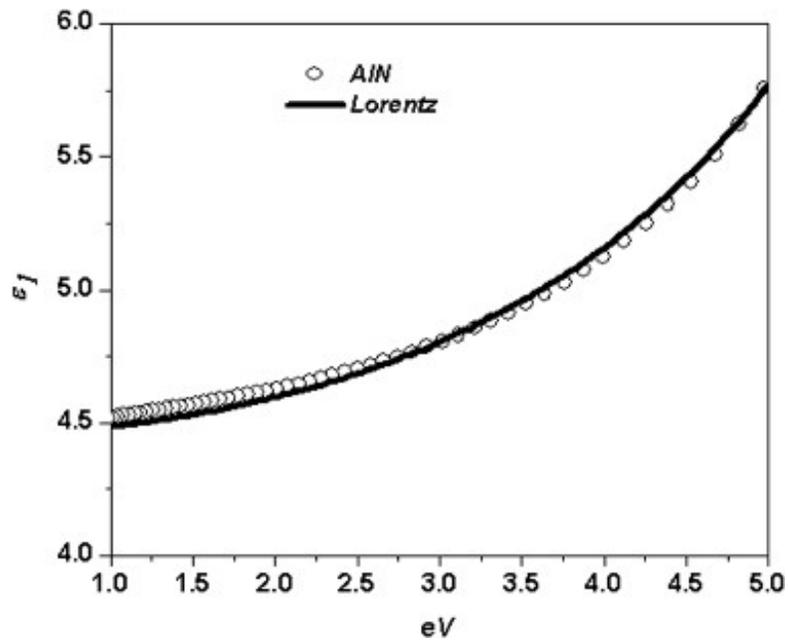


Figura 1. Fermin, et. al.

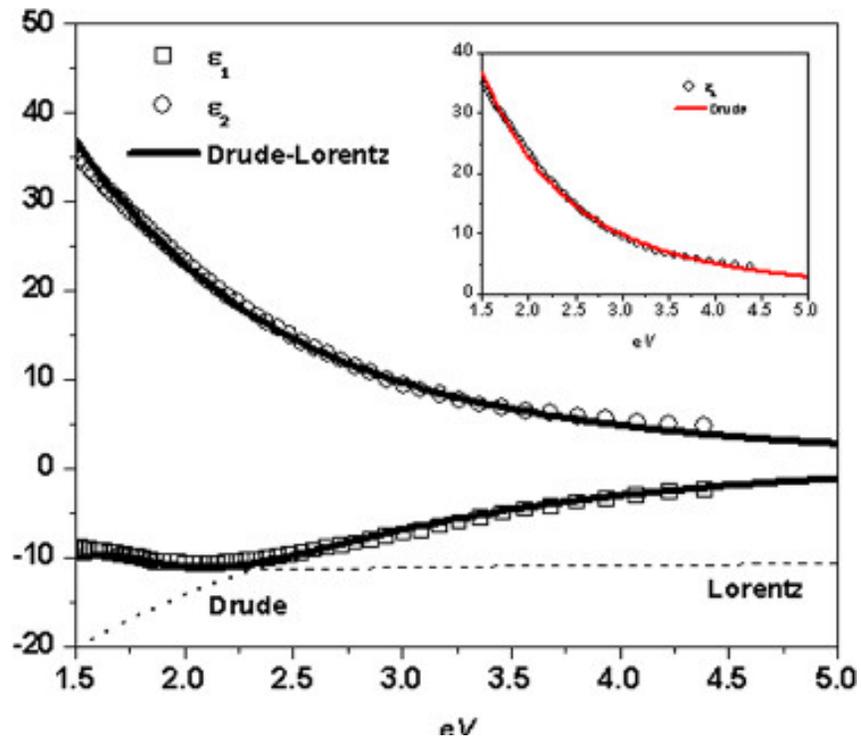


Figura 2. Fermin, et. al.

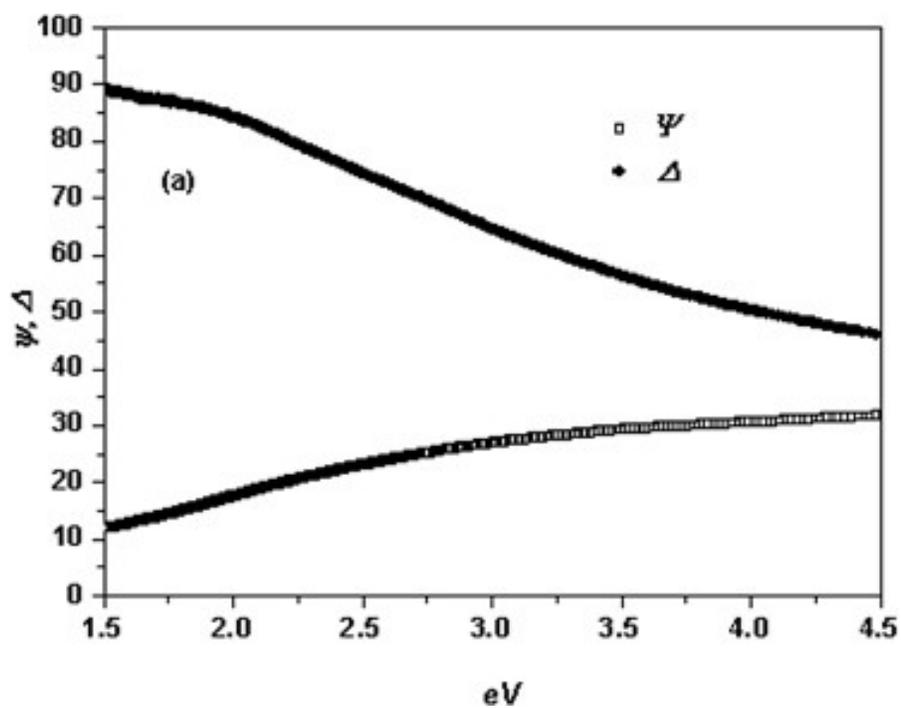


Figura 3. Fermin, et. al.

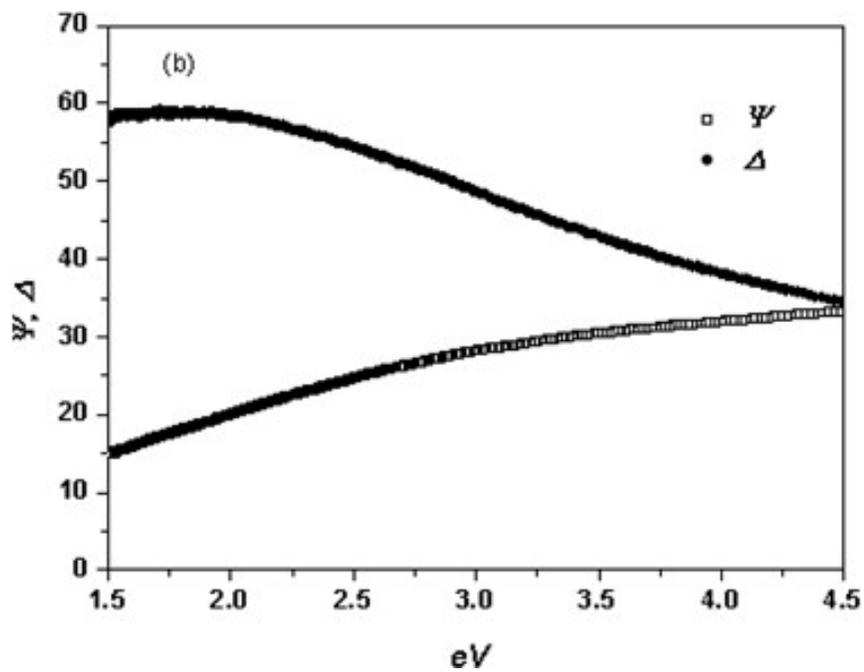


Figura 3. Fermin, et. al.

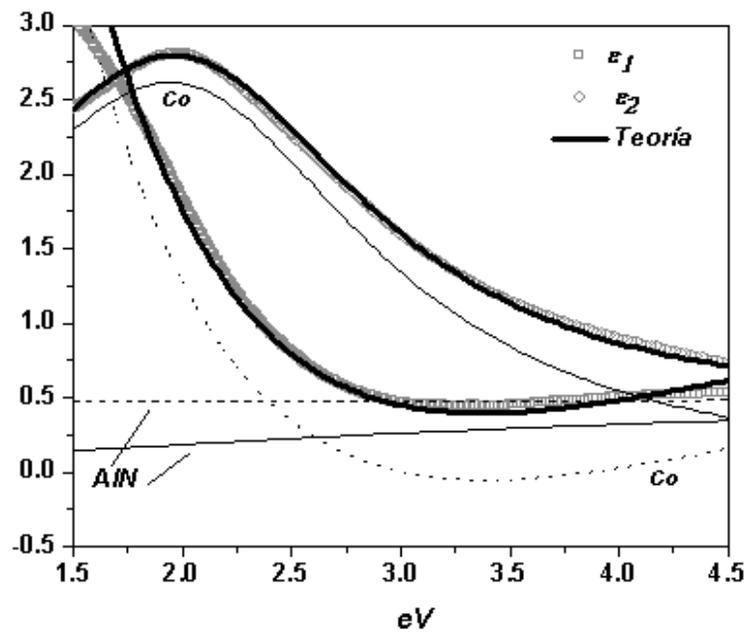


Figura 4. Fermin, et. al.

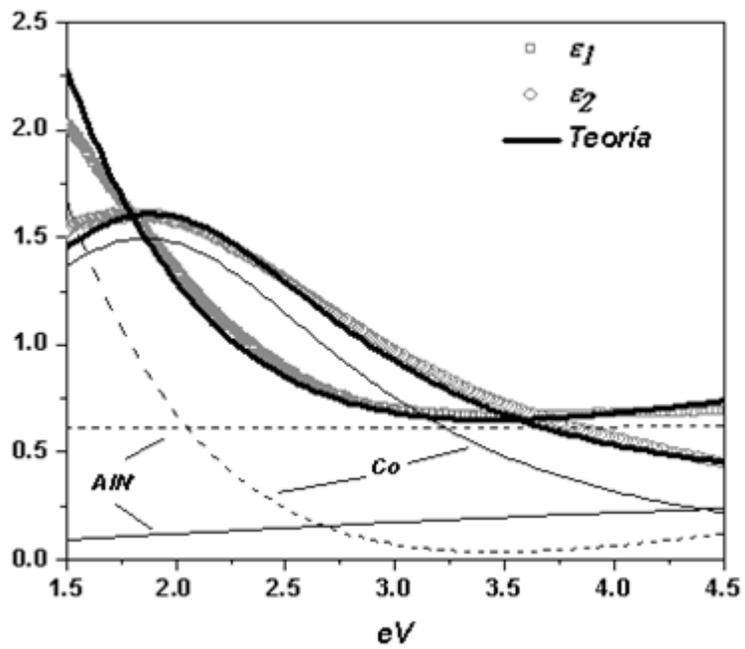


Figura 4. Fermin, et. al.

Tabla 1. Fermin, et. al.

	Co(10 nm)/AlN(5 nm)	AlN(10 nm)/Co(10 nm)/AlN(5 nm)
$\varepsilon_0^{AlN}$	1.40	1.0
$E_0^{AlN}$	7.0 eV	7.0 eV
$E_{PL}^{AlN}$	2.96 eV	2.13 eV
$E_\gamma^{AlN}$	1.28 eV	1.28 eV
$(\varepsilon_0 + \varepsilon_\infty)^{Co}$	2.20	2.20
$E_\tau^{Co}$	0.29 eV	0.32 eV
$E_0^{Co}$	1.90 eV	1.90 eV
$E_{PD}^{Co}$	2.75 eV	1.27 eV
$E_{PL}^{Co}$	8.66 eV	8.83 eV
$E_\gamma^{Co}$	2.24 eV	2.38 eV

# Modelo reológico para mezclas fluidas de carbón mineral

Henry Leal<sup>1</sup>, Pragedes Paredes<sup>1</sup> y César García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Postgrado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería de Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.

Recibido: 07-02-2016.

Aceptado: 04-04-2017.

## Resumen

La determinación correcta de la viscosidad de mezclas líquido – sólido es importante para su correcta utilización, actualmente no se conocen correlaciones empíricas que permitan determinar de manera precisa la viscosidad de dichas mezclas, por lo que el presente trabajo planteó desarrollar un modelo reológico para la determinación de la viscosidad de mezclas carbón mineral- agua, carbón mineral – kerosene, carbón mineral - fuel oil y carbón mineral - nafta mediante la fluidización de lechos de partículas sólidas. Para la fluidización se utilizó un lecho de carbón mineral de diferentes granulometrías variando la velocidad de flujo para observar la altura del lecho y caídas de presión a la velocidad dada. Una vez obtenidos estos datos, se procedió a determinar el esfuerzo cortante para cada caída de presión y posteriormente con la ecuación de Rabinowitsch se determinaron las velocidades de deformación para cada caudal, y de esta manera se realizó la clasificación de los fluidos, obteniéndose que el comportamiento reológico de la mezcla fluida es no newtoniano pseudoplástico. Se plantearon las ecuaciones constitutivas y las gráficas del factor de fricción vs. el Número de Reynolds.

**Palabras Clave:** Carbón mineral, agente fluidizante, viscosidad

## Rheological model for fluid mixtures of mineral coal

### Abstract

The correct determination of the viscosity of liquid-solid mixtures is important for its appropriate use. Currently, empirical correlations to determine the viscosity of such mixtures accurately are not known, so this paper aims to develop a rheological model for the determination of the viscosity of coal-water, coal-kerosene, coal-fuel oil and coal – gasoline mixtures by fluidization of solid particle beds. Fluidization was used for a mineral coal bed of different particle sizes by varying the flow rate to observe the bed's height and pressure drops at a given speed. Once these data were obtained, shear stress was determined for each pressure drop and later on, strain rates were determined for each flow by using Rabinowitsch equation, classifying fluids in this way, and finding out that the rheological behavior of the fluid mixture is pseudoplastic Newtonian. Constitutive equations were posed and the graphs for the friction factor vs. Reynolds number were made.

**Key Words:** Mineral coal, fluidizing agent, viscosity

## Introducción

La demanda de energía está estrechamente relacionada con el crecimiento económico y los estándares de vida. Actualmente, la demanda mundial de energía está incrementándose a una tasa promedio de 2%. Este incremento ha de continuar, y por tanto, el consumo de energía será el doble de 1995 en el 2030 y el triple en el 2050. Cobran fuerza, en este escenario, fuentes energéticas tales como la biomasa y la energía nuclear. La participación del carbón se proyecta cercana al 40% para el año 2100(1).

Venezuela cuenta con grandes reservas de carbón mineral de excelentes propiedades caloríficas que pudieran formar parte de la estrategia energética en la producción de energía eléctrica. Obviamente, las posibilidades de conversión a mezclas fluidas del carbón, en razón del transporte y almacenamiento, incrementa el valor energético de este combustible, la viscosidad será determinante para el diseño de facilidades de transporte.

El dimensionamiento en los sistemas de transporte de mezclas no homogéneas causa un inconveniente en los sistemas convencionales de medición de la viscosidad debido a que el sólido precipita y no puede mantenerse en el seno del líquido ocasionando un alto nivel de error de medición. En los sistemas fluidizados se logra mantener las partículas en el seno del líquido permitiendo determinar la viscosidad en mezclas fluidas de carbón mineral utilizando un modelo teórico derivado de las ecuaciones de continuidad y de movimiento, ya que actualmente no se cuenta con ecuaciones empíricas para determinar correctamente dicha viscosidad.

La presente investigación se plantea como objetivo general desarrollar un modelo reológico para la determinación de la viscosidad en mezclas fluidas de carbón mineral. Para cumplir con este objetivo se realizará el proceso de fluidización utilizando un lecho de carbón mineral con tamaños de partículas: -10+16, -16+30 y -30+40 Mesh y como agentes fluidizantes agua, kerosene, fuel oil y nafta, variando la velocidad de flujo para observar la altura del lecho y caídas de presión a la velocidad dada. Una vez obtenidos estos datos, se procederá a determinar el esfuerzo cortante para cada caída de presión y posteriormente con la ecuación de Rabinowitsch se calcularán las velocidades de deformación para cada caudal, y de esta manera se podrá realizar la clasificación de los fluidos. Se plantearán las ecuaciones constitutivas y se realizará la gráfica del factor de fricción vs. el Número de Reynolds.

## Metodología

La preparación del carbón se hace según la norma ASTM D-346-90 (Estándar Practice for Collection and Preparation of Coke Samples for Laboratory Analysis). El carbón se tritura en un molino Sew Eumodrive D732 Bruche de 50 Hz. Las pruebas de fluidización se realizarán usando carbón mineral proveniente de la mina Paso Diablo de la región del Guasare, ubicada en Santa Cruz de Mara – Estado Zulia.

Las propiedades físicas de la mezcla, necesarias para la determinación de las condiciones mínimas de fluidización, y la posterior caracterización viscosa de las mismas son:

- i. Gente fluidizante: Densidad, viscosidad absoluta.
- ii. Sólido a fluidizar: Densidad, porosidad y diámetro promedio.

La unidad de fluidización es utilizada para determinar las condiciones operacionales de transporte de carbón mineral, constituida por: un tanque almacenador de agente fluidizante, un soporte del lecho, una sección cilíndrica de altura 75 cm y 5 cm de diámetro, además de las mangueras de conexión a la bomba, el rotámetro y el manómetro diferencial.

El proceso experimental consistirá en medir los parámetros de caudal y caída de presión de flujo con la finalidad de predecir las condiciones mínimas de fluidización tanto experimental como teórica, tomando en cuenta las variables: granulometría de la partícula sólida, altura del lecho, geometría de la columna (altura/ diámetro) y la porosidad del lecho en función de la velocidad del agente fluidizante líquido, y de esta manera realizar la caracterización viscosa de las mezclas carbón mineral – agente fluidizante.

Dependiendo de la naturaleza viscosa y de las condiciones operacionales la ecuación constitutiva de las mezclas carbón mineral - agentes fluidizante puede ser expresada por el Modelo de Ostwald De Waele o por el Modelo de Ellis.

## **Resultados y Discusiones**

### **Análisis de resultados reológicos como agente fluidizante Agua.**

Para realizar la caracterización de la mezcla, se tomaron las caídas de presión, alturas del lecho del proceso de fluidización para determinar el esfuerzo viscoso, observándose un aumento del mismo a medida que aumenta el caudal de flujo. Luego se determinó la velocidad de deformación observándose un aumento, ya que según la ecuación de Rabinowitsch utilizada, la velocidad de deformación es directamente proporcional al esfuerzo viscoso y al caudal, es decir, a medida que aumenta alguno de los dos términos aumenta la velocidad de deformación. En cuanto a la viscosidad absoluta esta disminuye a medida que aumenta la velocidad de deformación correspondiente, efecto causado porque la viscosidad absoluta es directamente proporcional al esfuerzo viscoso e inversamente proporcional a la velocidad de deformación. Una manera de clasificar el fluido es graficando el reograma entre la viscosidad aparente y la velocidad de deformación del modelo de potencia,  $\log(\mu_a)$  vs.  $\log(-dv_z/dr)$ , donde  $\mu_a$  disminuye con el aumento de la velocidad de deformación, por lo tanto, si la viscosidad absoluta disminuye a medida que aumenta la velocidad de deformación el fluido puede clasificarse como no – newtoniano pseudoplástico, característica deseable en las mezclas carbón – agua (Roh et al). (1995) (17). Las tres mezclas de carbón mineral – agua presentaron un comportamiento no newtoniano pseudoplástico, este resultado ha sido observado por Oztoprak. (2006)(4) en mezclas carbón mineral - agua, representado por el modelo de potencia y la ecuación de Ellis como ecuaciones constitutivas.

Una forma de generalizar la clasificación del fluido es calculando el coeficiente de consistencia y el coeficiente de viscosidad del mismo mediante el modelo de potencia, resultando 0,7389 y 134,65 para la mezcla fluida -10+16, 0,5036 y 82,3 para la mezcla fluida -16+30 y 0,616 y 45.57 para la mezcla fluida -30+40 respectivamente, donde plantea que si  $n$  es menor que la unidad se está en presencia de un fluido no newtoniano pseudoplástico, corroborando lo planteado por García y col. (18).

Realizando una comparación de la caracterización viscosa de las mezclas carbón mineral – agua para los diferentes tamaños de partículas -10+16, -16+30 y -30+40 se puede observar que la viscosidad absoluta disminuye a medida que disminuye el tamaño de partícula del sólido, resultado que concuerda con los obtenidos por Joves (2006) (19) para el sistema fluidizado carbón mineral – agua, esta disminución de la viscosidad se debe a que al disminuir el tamaño de partículas los valores de porosidad son mayores y por lo tanto la concentración del carbón en la mezcla disminuye por unidad de área disminuyendo entonces la viscosidad(6).

### **Análisis de resultados reológicos como agente fluidizante Kerosene**

Se tomaron las caídas de presión, alturas del lecho del proceso de fluidización para determinar el esfuerzo viscoso, observándose un aumento del mismo a medida que aumenta el caudal de flujo. Luego se determinó la velocidad de deformación observándose un aumento, ya que según la ecuación de Ra-

binowitsch utilizada, la velocidad de deformación es directamente proporcional al esfuerzo viscoso y al caudal, es decir, a medida que aumenta alguno de los dos términos aumenta la velocidad de deformación. En cuanto a la viscosidad absoluta esta disminuye a medida que aumenta la velocidad de deformación correspondiente, efecto causado porque la viscosidad absoluta es directamente proporcional al esfuerzo viscoso e inversamente proporcional a la velocidad de deformación. Una manera de clasificar el fluido es graficando el reograma entre la viscosidad aparente y la velocidad de deformación del modelo de potencia,  $\log(\mu_a)$  vs.  $\log(-dvz/dr)$ , donde  $\mu_a$  disminuye con el aumento de la velocidad de deformación, por lo tanto, si la viscosidad absoluta disminuye a medida que aumenta la velocidad de deformación el fluido puede clasificarse como no – newtoniano pseudoplástico, característica deseable en las mezclas carbón – agua (Roh et al. 1995) (17). Las tres mezclas de carbón mineral – agua presentaron un comportamiento no newtoniano pseudoplástico, representado por el modelo de potencia y la ecuación de Ellis como ecuaciones constitutivas.

Una forma de generalizar la clasificación del fluido es calculando el coeficiente de consistencia y el coeficiente de viscosidad del mismo mediante el modelo de potencia, resultando 0,4812 y 104,04 para la mezcla fluida -10+16, 0,5789 y 72,48 para la mezcla fluida -16+30 y 0,1314 y 43,46 para la mezcla fluida -30+40 respectivamente, donde plantea que si  $n$  es menor que la unidad se está en presencia de un fluido no newtoniano pseudoplástico, corroborando lo planteado por García y col. (18).

Realizando una comparación de la caracterización viscosa de las mezclas carbón mineral – kerosene para los diferentes tamaños de partículas -10+16, -16+30 y -30+40 se puede observar que la viscosidad absoluta disminuyen a medida que disminuye el tamaño de partícula del sólido, para el sistema fluidizado carbón mineral – agua, esta disminución de la viscosidad se debe a que al disminuir el tamaño de partículas los valores de porosidad son mayores y por lo tanto la concentración del carbón en la mezcla disminuye por unidad de área disminuyendo entonces la viscosidad (6).

#### **Análisis de resultados reológicos como agente fluidizante Nafta**

Para realizar la caracterización de la mezcla fluida carbón mineral-Nafta con tamaño de partícula -10+16, -16+30 y -30+40, se tomaron las caídas de presión, alturas del lecho del proceso de fluidización para determinar el esfuerzo viscoso, observándose un aumento del esfuerzo viscoso a medida que aumenta el caudal de flujo. La velocidad de deformación se determina con el mejor ajuste del comportamiento de estas figuras. Una vez obtenida esta ecuación se introduce en la ecuación diferencial de Rabinowitsch y se calcula la velocidad de deformación para cada caudal García (18); para luego determinar la viscosidad absoluta. Observándose en los tres sistemas estudiados un aumento en la velocidad de deformación y una disminución en la viscosidad absoluta, clasificándose el fluido como no – newtoniano pseudoplástico, característico de esta mezclas planteado por Ghassemzadah (20).

A partir del reograma entre la viscosidad aparente y la velocidad de deformación del modelo de potencia, se obtiene el coeficiente de consistencia ( $n$ ) y el coeficiente de viscosidad ( $m$ ), resultando 0,625 y 6,683439 para la mezcla fluida -10+16, 0,086 y 0,74302 para la mezcla fluida -16+30 y 0,102 y 0,61235039 para la mezcla fluida -30+40 respectivamente, donde plantea que si  $n$  es menor que la unidad se está en presencia de un fluido no newtoniano pseudoplástico, corroborando lo planteado por García y col. (18).

#### **Análisis de resultados reológicos como agente fluidizante Fuel oil**

Para realizar la caracterización de la mezcla fluida carbón mineral-Fuel oil con tamaño de partícula -10+16, -16+30 y -30+40, se tomaron las caídas de presión, alturas del lecho del proceso de fluidización para determinar el esfuerzo viscoso, observándose un aumento del esfuerzo viscoso a medida que aumenta el caudal de flujo. La velocidad de deformación se determina con el mejor ajuste del comportamiento de estas figuras. Una vez obtenida esta ecuación se introduce en la ecuación diferencial de

Rabinowitsch y se calcula la velocidad de deformación para cada caudal García (18); para luego determinar la viscosidad absoluta. Observándose en los tres sistemas estudiados un aumento en la velocidad de deformación y una disminución en la viscosidad absoluta, clasificándose el fluido como no – newtoniano pseudoplástico, característico de esta mezclas planteado por Ghassemzadah (20). A partir del reograma entre la viscosidad aparente y la velocidad de deformación del modelo de potencia, se obtiene el coeficiente de consistencia ( $n$ ) y el coeficiente de viscosidad ( $m$ ), resultando 0,196 y 1,807174 para la mezcla fluida -10+16, 0,190 y 1,6106 para la mezcla fluida -16+30 y 0,086 y 0,4508167 para la mezcla fluida -30+40 respectivamente, donde plantea que si  $n$  es menor que la unidad se está en presencia de un fluido no newtoniano pseudoplástico, corroborando lo planteado por García y col. (18).

### **Ecuaciones Constitutivas para las mezclas carbón mineral – agente fluidizante**

A continuación se muestran las ecuaciones constitutivas para el modelo de Ostwald DeWaele o potencia para mezcla fluida carbón mineral –agente fluidizante

-Tamaño de partícula -10+16 como agente fluidizante agua

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 134,64 \left( \frac{-dvz}{dr} \right)^{0,74}$$

-Tamaño de partícula -16+30 como agente fluidizante agua

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 82,3 \left( \frac{-dvz}{dr} \right)^{0,50}$$

-Tamaño de partícula -30+40 como agente fluidizante agua

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 43,1 \left( \frac{-dvz}{dr} \right)^{0,56}$$

-Tamaño de partícula -10+16 como agente fluidizante Kerosene

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 103,91 \left( \frac{-dvz}{dr} \right)^{0,48}$$

-Tamaño de partícula -16+30 como agente fluidizante Kerosene

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 72,27 \left( -\frac{dv_z}{dr} \right)^{0,58}$$

-Tamaño de partícula -30+40 como agente fluidizante Kerosene

Modelo de Ostwald DeWaele:

$$\tau_{rz} = 43,47 \left( -\frac{dv_z}{dr} \right)^{0,13}$$

-Tamaño de partícula -10+16 como agente fluidizante Nafta

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 334,02 \left( -\frac{dv_z}{dr} \right)^{0,66}$$

-Tamaño de partícula -16+30 como agente fluidizante Nafta

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 39,31 \left( -\frac{dv_z}{dr} \right)^{0,082}$$

-Tamaño de partícula -30+40 como agente fluidizante Nafta

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 44,71 \left( -\frac{dv_z}{dr} \right)^{0,11}$$

-Tamaño de partícula -10+16 como agente fluidizante Fuel oil

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 89,48 \left( - \frac{dv_z}{dr} \right)^{0,19}$$

-Tamaño de partícula -16+30 como agente fluidizante Fuel oil

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 84,83 \left( - \frac{dv_z}{dr} \right)^{0,28}$$

-Tamaño de partícula -30+40 como agente fluidizante Fuel oil

Modelo de Ostwald DeWaele

$$\tau_{rz} = 134,72 \left( - \frac{dv_z}{dr} \right)^{0,21}$$

## Conclusiones

Las velocidades mínimas y terminales de fluidización disminuye en las mezclas fluidas carbón mineral – agente fluidizante al disminuir el tamaño de partícula

Las concentraciones volumétricas de las mezclas fluidas de carbón mineral – agente fluidizante en el punto de velocidad mínima de fluidización disminuye al disminuir el tamaño de partícula.

Las viscosidades de las mezclas fluidas carbón mineral – agente fluidizante disminuyen a medida que aumenta el esfuerzo cortante presentando un comportamiento no newtoniano pseudoplástico.

## Referencias Bibliográficas

- 1.El mercado mundial del carbón, Disponible en: <http://www.catamutun.com/produccion/carbon/mundo.html>.
2. PDVSA-INTEVEP, Museo Geológico Virtual de Venezuela, Modulo Minerales de Venezuela (1997).
3. Llorente M., Geología del carbón y del petróleo, Geología 1999-200.
4. Oztoprack A. F., Investigation of the rheological properties of Cayirhan coal – water mixtures (2006).
5. Practica N°19, La Granulometría, Disponible en: [http://www.construaprende.com/Lab/19/Prac19\\_2.html](http://www.construaprende.com/Lab/19/Prac19_2.html).

6. Davidson J. F., Harrison, D., Fluidization, Academic Press, London and New York, (1971), 26-61; 261-290.
7. Rhodes M., Introduction to particle technology New York (1998).
8. Woo-Teca K., Dong-Hyun K., Yung-Phil K., Characterization of heavy oil Fly ash, Generated from a power plant, Korea (2003), Disponible en: <http://azom.com/details.asp?articleid=2003>.
9. Cal Chen Corporation, Fluidized bed characteristics, Che435 (2000), Disponible en: <http://www.csupomona.edu.odf.html>.
10. Chase G. G., Fluidization of solids with liquid water, Che1014, Disponible en: [http://www.engr.pitt.edu/chemical/lab\\_manual/fluidizationofsolids.pdf](http://www.engr.pitt.edu/chemical/lab_manual/fluidizationofsolids.pdf).
11. Quinceno C., Flujo de un fluido real, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, Disponible en: <http://www.hidraulica.unalmed.edu.co/PARH/materias/fluidos/quinceno/cap3.html>.
12. Mott R., Mecánica de Fluidos Aplicada, Editorial Prentice-Hall, Cuarta Edición, Disponible en: [http://www.construaprende.com/lab/10/prac10\\_1.html](http://www.construaprende.com/lab/10/prac10_1.html).
13. Ferrer Bracho J. L., Mecanismo de transferencia de momento de lechos fluidizados de base cónica, (1995), 11-30.
14. Ocaña Muller, P. Conceptos Fundamentales de Mecánica de fluidos (1997).
15. Toda M., Kuriyama M., Konna H., Honma T., The influence of particle size distribution of coal on the fluidity of coal-water mixtures, Powder Technology, 55, (1988), 241-245.
16. Shah et al, Low viscosity stable mixtures of coal and fuel oil containing alcohol. Patent No. 4453947. U.S.A. (1984).
17. Roh N., Shin D., Kim D., Kim J., Rheological behaviour of coal – water mixtures. Effect of surfactants and temperature, Fuel. Vol. 74, (1995), 1313 – 1318.
18. García, C. Análisis Tensorial Aplicado a Fenómenos de Transporte, Primera Edición (2000).
19. Joves, V. Caracterización viscosa de mezclas carbón mineral – agua y cenizas volantes – agua mediante la fluidización en medio acuoso, Universidad del Zulia, Venezuela, (2006).
20. Ghassemzadah M. R., Cari S., Rheological studies of coal-oil mixtures, Wayne State University, Detroit, Michigan (1980).

## Índice acumulado

### Nº 1 Julio - Diciembre 2011

Algunas series e integrales con funciones trigonométricas  
**Some series and integrals with trigonometric functions**

*Alfredo Villalobos y Glenny García*

Control mediante interconexión y asignación de amortiguamiento del sistema mecánico subactuado TORA

**Interconnection and damping assignment control of the subactuated TORA mechanical system**

*Atilio Morillo, Maribel Pérez Pirela, Miguel Ríos y Vivian Acosta*

Algunos resultados que envuelven la función hipergeométrica de Wright y el cálculo fraccional  
**Some results involving fractional calculus and Wright's generalized hypergeometric function**

*Susana Salinas de Romero y Carlos Segundo Muñoz Valencia*

Eficiencia del quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas de baja turbidez asociadas a la producción de petróleo

**Efficiency of chitosan as coagulant during treatment of low turbidity water associated crude oil production**

*Yaxcelys Caldera, Yim Rodríguez, Hernando Oñate, Jhosana Prato y Edixon Gutiérrez*

Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones

**Chitin and Chitosan friendly polymer. A review of their applications**

*Zulay Mármol, Gisela Páez, Marisela Rincón, Karelen Araujo, Cateryna Aiello, Cintia Chandler y Edixon Gutiérrez*

Algunos resultados sobre la función de Bessel de dos índices y un parámetro

**Some results on Bessel function of two indexes and one-parameter**

*Leda Galué y Greilyn Castillo*

Generalización fraccional de la ecuación de Schrödinger relacionada a la Mecánica Cuántica

**Fractional generalization of Schrödinger equation related to Quantum Mechanics**

*Shyam Kalla, Ram Kishore Saxena y Ravi Saxena*

## **N° 2 Enero - Junio 2012**

Diseño de un equipo de desinfección por luz ultravioleta para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización

### **Design of disinfection equipment for ultraviolet light to wastewater treatment with goals of reutilization**

*Mayra Sánchez, Nellimar Villalobos, Edixon Gutiérrez y Yaxcelys Caldera*

Cinética de intercambio iónico bajo control mixto en medio lácteo

### **Ion exchange kinetics under mixed control in milk**

*Jorge Alaña, Karina Martínez, José González, Juan Hernández y César García*

Contenido de fracciones orgánicas en aguas de producción de petróleo

### **Organic fractions in water from crude oil production**

*Edixon Gutiérrez, Yaxcelys Caldera, Leopoldo Ruesga, Cristina Villegas, Roscio Gutiérrez, Ninoska Paz, Edith Blanco y Zulay Mármol*

Solitones topológicos: Cúmulos de energía

### **Topological solitons: Lumps of energy**

*Ramón J. Cova*

Ingeniería Química: Historia y Evolución

### **Chemical Engineering: History and Evolution**

*Cateryna Aiello Mazzarri, Zulay Mármol y Araceli Sánchez de Puertas*

Comparación de las propiedades que influyen en la combustión entre el fly ash, carbón y diferentes derivados del petróleo

### **Comparison of the properties that influence in the combustion among the fly ash, coal and different derived of the petroleum**

*Anali Machado, Cezar García, Yolanda Rincón, Neyma García, José González y Juan Hernández*

Nitrobacterias en reactores biológicos rotativos de contacto (RBC) de tres cámaras bajo diferentes cargas orgánicas

### **Nitrobacteria in three stages rotating biological contactor (RBC) reactors under different organic loads**

*Julio César Marín, Evelín Castro, Elisabeth Behling, Gilberto Colina, Laugeny Díaz y Nancy Rincón*

Generalización de los polinomios de Bernoulli de índice arbitrario complejo

### **Generalization of Bernoulli polynomials of arbitrary complex index**

*Ana Isolina Prieto, Josefina Matera, Susana Salinas de Romero y Marleny Fuenmayor*

### **Nº 3 Julio - Diciembre 2012**

Criterios para la gestión de los sistemas de inventarios

#### **Criteria for management inventories systems**

*Alfredo Leal y Karim Oliva*

Contenidos curriculares y rendimiento académico de los estudiantes en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia

#### **Contents curriculares and academic performance of the students in the Faculty of Agronomy of the University of Zulia**

*Mary Isabel Urdaneta Portillo, Gladys Sarmiento, José Hernández y Jairo Fernández*

Mínimos cuadrados parciales con el método de descenso de mayor pendiente

#### **Partial least square with method of maximum gradient descent**

*Eddy Jackeline Rodríguez*

Usabilidad de entornos virtuales 3D colaborativos en el proceso de enseñanza–aprendizaje

#### **Usability of collaborative 3D virtual environments in the teaching-learning processes**

*Carlos Arrieta*

Desinfección de aguas residuales de una industria avícola para su reutilización

#### **Disinfection of poultry industry wastewater for reuse**

*Edixon Gutiérrez, Anna Travaglini, Giselle Uzcátegui y Yaxcelys Caldera*

Estudio comparativo entre el método de Lemke y el método de los conjuntos activos para programación cuadrática

#### **Comparative study between Lemke's method and the active set method for quadratic programming**

*Marihebert Leal, Kilkenis Fuenmayor, Javier Bastidas y Susana Salinas*

## **N° 4 Enero - Junio 2013**

Comunidades de práctica en la investigación universitaria

### **Communities of practice in the university research**

*Sergio de Pool*

Representación integral de la función de Bessel de dos índices y un parámetro

### **Integral representation of the Bessel function of two indexes and a parameter**

*Leda Galué y Greilyn Castillo*

Algunas propiedades de las N – Normas

### **Some properties of N – Norms**

*José Sarabia*

Biodegradación de queroseno por cultivos de bacterias aisladas de una fosa petrolera en Venezuela

### **Kerosene biodegradation by bacterial cultures isolated from oil pit in Venezuela**

*Laugeny Díaz, Beltrán Briceño, Mónica García, Néstor Rosales, Julio Marín, Cateryna Aiello y Ever Morales.*

Factibilidad de inserción del Transmilenium como solución a la situación actual del sistema de transporte público de la ciudad de Maracaibo

### **Feasibility study of the Transmilenium like a solution to the actual public transport situation in the Maracaibo city**

*Angi Rojas y Marco Hinder*

Modelado del secado en capa fina y del presecado al sol a diferentes alturas de la capa de la Lemna obscura del Lago de Maracaibo

### **Modeling of the thin layer drying and solar predrying at the different layer thicknesses of the Lemna obscura from Maracaibo Lake**

*Leobaldo Suárez, Alexis Faneite y Alexis Ferrer*

Algunos resultados de la subordinación diferencial de Briot – Bouquet de funciones analíticas

### **Some results on Briot – Bouquet differential subordination of analytic functions**

*Alka Rao y Shyam Kalla*

## Nº5 Julio - Diciembre 2013

Biblioteca de diferenciación automática para la máquina virtual de Java

### **Automatic differentiation library for the Java virtual machine**

*María E. Portillo Montiel, Nelson Arapé, Gerardo Pirela Morillo*

Eficiencia de las semillas Moringa oleifera como coagulante orgánico en la remoción de metales en aguas de baja turbiedad

### **Efficiency of the moringa oleifera seeds as organic coagulant for metal removal in low turbidity wastewaters**

*Marielba Mas y Rubí, Sedolfo Carrasquero, Daimarys Martínez, Donaldo Gabriel Mejías, Luis Vargas*

Evaluación de la recuperación de vanadio y níquel por lixiviación ácida de las cenizas volantes del aceite combustible

### **Evaluation of the recovery of vanadium and nickel by acid leaching from oil fly ash**

*César García, Roselis Rosales, Bianca Feijoo, Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo*

Influencia de la relación de aspecto de la geometría vertical en el comportamiento estructural de edificaciones aporticadas de concreto armado

### **Influence of the aspect ratio of vertical geometry on the structural behavior of framed reinforced concrete...**

*Oswaldo J. Russián A., Víctor R. Salazar V., Gerardo J. Gutiérrez D.*

Análisis numérico computacional de la distribución de temperaturas en una barra

### **Computational numerical analysis for the temperatures distribution in a bar**

*Alfredo Villalobos, Antonio Quintero*

Validación de un método cromatográfico para la determinación de vitamina A en muestras de leche /

### **Validation of a chromatographic method for the determination of vitamin A in milk samples**

*Karelen Araujo, Gisela Páez, Zulay Mármol, Elsy Arenas, Ana Cáceres, Cateryna Aiello Mazzarri*

## N° 6 Enero - Junio 2014

Sobre una generalización de la función hipergeométrica de Gauss

### **On one generalization of the Gauss' hypergeometric function**

*Nina Virchenko*

Representación integral de las Eax Xk Yl - funciones de onda

*Iryna Alexsandrovich, Nina Virchenko*

Algunos resultados sobre la función de Bessel de tres variables

### **Some results on Bessel function of three variables**

*Ana Isolina Prieto, Josefina Matera, Leda Galué, Susana Salinas*

Integrales y ecuación diferencial que involucran la función de Wright

### **Integrals and differential equations involving Wright functions**

*Susana Salinas de Romero, Daniel Meza, Marleny Fuenmayor*

Desigualdades integrales fraccionales y sus q-análogos

### **On fractional integral inequalities and their q-analogues**

*Sunil Dutt Purohit, Faruk Uçar, R.K. Yadav*

Una nueva clase de polinomios q-Apostol-Bernoulli de orden  $\alpha$

### **A new class of q-Apostol-Bernoulli polynomials of order $\alpha$**

*Mridula Garg, Subhash Alha*

Algunos resultados que involucran operadores q-integrales fraccionales generalizados de Erdélyi-Kober

### **Some results involving generalized Erdélyi-Kober fractional q-integral operators**

*Leda Galué*

Revisión de la teoría de Boehmians

### **Boehmians revisited**

*P. K. Banerji, Deshna Loonker*

Algunas propiedades de las N-normas (II)

### **Some properties of N-norms (II)**

*José A. Sarabia R.*

## Nº 7 Julio - Diciembre 2014

Fermentación en estado sólido: Una alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de desechos agroindustriales

**Solid state fermentation: A biotechnological alternative for exploitation of agroindustrial wastes**

*José R. Ferrer G, José L. Machado, Jhanna Brieva*

Propuesta de un sistema de seguridad residencial inalámbrico basado en instrumentación virtual

**Proposal for a wireless home security system based on virtual instrumentation**

*Gereli de los Ángeles Gutiérrez Finol*

Sistema de facturación vehicular en peajes basado en tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID)

**Vehicular toll collection system based on radio frequency identification technology (RFID)**

*Angel D. Larreal M., Georma P. Marachli M.*

Determinación del grado de conversión global del jugo de piña en etanol por medio de la fermentación alcohólica

**Determination of the conversion degree of pineapple juice through alcoholic fermentation**

*Briceida C. Fernández A., Maite V. Gómez S., José R. Ferrer G, Marisela Rincón*

Modelo matemático para la evaluación de parámetros hidráulicos de un reactor anaerobio de flujo ascendente a escala piloto (RAFAep)

**Mathematical model for evaluating parameters of a hydraulic upflow anaerobic reactor pilot scale (RAFAep)**

*Gabriel Arguello, Gerardo Aldana, Jhonny Perez*

Dispersión gelatinosa de huesos bovinos para la clarificación de aguas con baja turbidez

**Bovine bone gelatinous dispersion for clarification of water with turbidity low**

*Lorena Fuentes, Yolimar Aguilar, Yaxcelys Caldera, Iván Mendoza*

Nanocompuestos basados en arcilla y mezclas heterogéneas de termoplásticos. Una revisión

**Nanocomposites based on clay and heterogenous blends of thermoplastics. A review**

*Helen Inciarte, Haydée Oliva*

## N° 8 Enero - Junio 2015

Análisis, diseño y simulación del sistema subactuado Pendubot

**Analysis, design and simulation of Pendubot subactuated mechanical systems**

*Atilio Morillo y Maribel Pérez Pirela*

Remoción de arsénico presente en oil fly ash por lixiviación ácida

**Arsenic removal from oil fly ash by acid leaching**

*José González, Julissa Arguelles, Milagros Ojeda, Juan Hernández, Gabriela Carruyo y Cezar García*

Sistema de control en modo deslizante para regular la posición y la velocidad de un motor de corriente directa

**Sliding mode control to regulate the speed and position of a motor of direct current**

*Ernesto Cornieles y Jacobo Ramírez*

Evaluación fisicoquímica y fitoquímica de Granada (*Punica granatum L.*)

**Evaluation of physical and phytochemical properties of the granada (*Punica granatum L.*)**

*Johana Raga, Zulay Marmol, Evelyn Pérez, Gisela Páez y Karelen Araujo*

Cuantificación y caracterización de los residuos de alimentos del Comedor Central Estudiantil de la Universidad del Zulia

**Quantification and characterization of food residues from the Student Central Dinning of the University of Zulia**

*Karina Martínez, John Sánchez, Yuleidi Raga, Zulay Marmol, Elsy Arenas y Cateryna Aiello*

Modelado de problema de regresión lineal con método Cuasi-Newton

**Modeling linear regression problem with Quasi-Newton method**

*Eddy Rodríguez*

Efecto de las condiciones de hidrofobización de una arcilla natural sobre su distribución y dispersión en mezclas de poliestireno/polibutadieno/estireno

**Effect of the hydrophobization conditions of natural clay on its distribution and dispersión in polystyrene/polybutadiene/styrene blends**

*Ida González, Haydee Oliva, Ysabel Cedeño, Helen Inciarte, Diana Soto y Eliezer Velásquez*

Estudio del comportamiento de las redes sónicas de alta velocidad

**Study of performance of the sonic high speed networks**

*Luis Rojas*

## Nº 9 Junio - Diciembre 2015

Onda de propagación TE en una microcinta abierta con dos dieléctricos

### **TE propagation wave in an open microstrip with two dielectrics**

*Augusto Galo.*

Lixiviación diferenciada de metales mayoritarios de cenizas volantes.

### **Differentiated leaching of majoritarian metales from fly ash**

*Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.*

Control y telemanipulación a distancia de un sistema multivariable.

### **Control and remote accessing of a multivariable system**

*Ernesto Cornieles, German Gutiérrez y Jacobo Ramírez.*

Aprendizaje constructivista para el análisis de estructuras mediante el uso de un entorno virtual.

### **Constructivist learning for the analysis of structures by using a virtual environmental.**

*Evelyn Marín*

Análisis de la emisión y dispersión del dióxido de nitrógeno en un sector de alto flujo vehicular.

### **Analysis of the emission and dispersion of nitrogen dioxide in areas of high vehicular traffic.**

*Alberto Córdova, Anali Machado, Neyma Garcia, Gilberto Colina y Cezar García.*

Teorema para la función de Bessel generalizada que involucran polinomios de Hermite.

### **Theorems for the generalized Bessel function that involving Hermite polynomials.**

*Josefina Matera, Ana Isolina Prieto, Leda Galué y Susana Salinas de Romero.*

Aporte nutricional de un biosólido avícola obtenido en un proceso de digestión aerobia sobre un cultivo de cebollín.

### **Nutritional contribution of a poultry biosolids obtained in a process of aerobic digestion on the growing of green onion.**

*Leopoldo Ruesga, María Ocando, Miguel López, Enyris Gutiérrez, Yaxcelys Caldera y Edixon Gutiérrez.*

Opuntia ficus-indica y Opuntia wentiana: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua.

### **Opuntia ficus-indica and Opuntia wentiana: comparative study on its effectiveness as a coagulant in water clasification.**

*Yolis González, Lorena Fuentes, Ivana Mendoza y Yaxcelys Caldera.*

## **N° 10 Enero - Junio 2016**

Implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de velocidades centrifugas de compresores.

**Implementation of predictive maintenance plan based on analysis of speed centrifugal compressor.**

*Kenneth Rosillon y Oscar Aguillar*

Accidente: Fenómeno Estocástico.

**Accident: Stochastic Phenomena.**

*José Vicente Ferrer y Naudy Leal.*

Categorización de usuarios de Twitter.

**Categorizing Twitter users.**

*Fracisco Luengo, Carla Morillo y Yaskelly Yedra.*

Uso del  $Wx_{maxima}$  en la enseñanza de la ecuación integral de Fredholm de segunda especie.

**Use of  $Wx_{maxima}$  on teaching the Fredholm integral equation of second order.**

*Jhonny Araque, Robert Quintero y Oscar León.*

Modelo diferencial de transferencia de masa para el análisis de la lixiviación ácida del oil fly ash.

**Differential mass transfer model for the analysis of the acid leaching of oil fly ash.**

*Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.*

Integrales que involucran funciones de Bessel de tres variables y dos parámetros.

**Integrals involving Bessel functions of three variables and two parameters.**

*Leda Galué.*

**N° 11 Julio - Diciembre 2016**

Implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de velocidades centrifugas de compresores.

**Implementation of predictive maintenance plan based on analysis of speed centrifugal compressor.**

*Kenneth Rosillon y Oscar Aguillar.*

Accidente: Fenómeno Estocástico.

**Accident: Stochastic Phenomena.**

*José Vicente Ferrer y Naudy Leal.*

Categorización de usuarios de Twitter.

**Categorizing Twitter users.**

*Fracisco Luengo, Carla Morillo y Yaskelly Yedra.*

Uso del Wxmaxima en la enseñanza de la ecuación integral de Fredholm de segunda especie.

**Use of Wxmaxima on teaching the Fredholm integral equation of second order.**

*Jhonny Araque, Robert Quintero y Oscar León.*

Modelo diferencial de transferencia de masa para el análisis de la lixiviación ácida del oil fly ash.

**Differential mass transfer model for the analysis of the acid leaching of oil fly ash.**

*Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.*

Integrales que involucran funciones de Bessel de tres variables y dos parámetros.

**Integrals involving Bessel functions of three variables and two parameters.**

*Leda Galué.*



## **Normas para la presentación de artículos**

1. La Revista Tecnocientífica URU es una revista digital arbitrada de la Universidad Rafael Urdaneta cuyo propósito es dar a conocer trabajos científicos originales e inéditos en las áreas de Ingeniería (Química, Civil, Eléctrica, Computación, Telecomunicaciones, Industrial y Producción Animal, entre otras).
2. **Tipos de trabajos**

Se aceptaran para la publicación artículos científicos inéditos, esto es, que no hayan sido enviados o publicados en otro órgano de divulgación científica con anterioridad, con un máximo de quince (15) páginas y escrito en MICROSOFT OFFICE WORD. Se deben consignar tres copias y un CD-ROM del artículo.

  - 2.1 Artículos de actualización científica que resuman el “Estado del Arte” de las áreas de la revista, con un máximo de quince (15) páginas.
  - 2.2 Artículos de reflexión sobre un tema específico de las áreas de la revista, desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, recurriendo a fuentes originales.
  - 2.3 Artículos de revisión: documentos donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, sobre una temática especializada de las áreas de la revista.
  - 2.4 Artículos de discusión: documentos que presentan el debate de afirmaciones realizadas en artículos anteriores.
  - 2.5 Artículos de invitados especiales con un máximo de quince (15) páginas.
  - 2.6 Notas técnicas: sobre mejoras de procesos en ingeniería, resultados de investigaciones derivadas del ejercicio profesional en ingeniería y ciencias afines, con un máximo de ocho (8) páginas.
3. **La portada debe contener**
  - 3.1 Título del trabajo en español e inglés en letras mayúsculas y minúsculas.
  - 3.2 Nombre(s) del autor(s), 6 autores como máximo y su dirección institucional(es) completa(as) (dirección postal, correo electrónico).
  - 3.3 Resumen del trabajo en español e inglés (abstrac) con un máximo de doscientas (200) palabras.
  - 3.4 Palabras clave en español e inglés (key words) con un máximo de cinco (05) palabras.
4. **Normas de estilo**
  - 4.1 El orden a seguir para el artículo es: portada, resumen (en español e inglés), introducción, fundamentos teóricos, parte experimental, resultados, discusión de resultados, conclusiones, agradecimiento y referencias bibliográficas.
  - 4.2 El artículo debe escribirse en estilo Times New Roman tamaño 12, el título tamaño 16 y las figuras, tablas y texto subordinados tamaño 10.
  - 4.3 El interlineado debe ser doble espacio a excepción del resumen, agradecimiento y referencias bibliográficas que van a un espacio.
  - 4.4 El nombre de cada sección se escribirá en negritas. Estos deberán estar centrados.
  - 4.5 El nombre de las subsecciones se escribirá en negritas a la izquierda del texto y en mayúsculas y minúsculas.
  - 4.6 Las figuras, fotografías, diagramas y gráficos deben denominarse como figuras y estas deben

ir numeradas con números arábigos, así como las tablas. Además, deben incluirse dentro del texto correspondiente y con su respectiva leyenda.

- 4.7 La redacción de los trabajos puede ser en español o inglés.
- 4.8 Las fotografías, imágenes, mapas y figuras incluidas en el documento se anexaran también por separado en el CD-ROM con excelente calidad.
- 4.9 Las fotografías deben estar en blanco y negro, bien contrastadas y brillantes de un ancho máximo de 9,5cm.
- 4.10 Todos los símbolos matemáticos deben ser escritos en forma clara y legible, con los subíndices y superíndices ubicados correctamente.
- 4.11 Deben ser numeradas todas las ecuaciones matemáticas en forma consecutiva con números arábigos entre paréntesis y ubicados en el margen derecho.
- 4.12 Las citas dentro del documento se escriben con el nombre de sus autores seguido con un número entre corchetes que corresponde a la referencia.  
Ejemplo: García [1], L Moreno [3, Pág. 19-24] o ubicando el número de la referencia sin colocar autor [4], si son 3 o más autores se escribe K. Nishimoto et al. [2].  
Las referencias bibliográficas de artículos de revistas deben contener autor(es) si tiene varios autores separarlos con comas, título de la revista, volumen y número, año de publicación (entre paréntesis) y páginas. Solo deben incluirse referencias bibliográficas con autores totalmente identificados y se escribirán por orden de aparición de las citas.  
Ejemplo: García C., Marín j., Alaña J., Martínez K. y Faria J., Modelo de Nernst-Planck aplicado a la cinética de intercambio iónico del sistema PO<sub>4</sub>(-3)- Cl(-1) en leche, Rev. Tec. Ing. Univ.Zulia, Vol. 30, N°. 3, (2007), 236-243.  
Los libros se escriben: apellido e inicial del autor(es) con mayúsculas y minúsculas.  
Ejemplo: Nishimoto K. (Editor), Fractional Calculus and its Applications, Nihon University, Tokyo (1990).
- 4.13 En los artículos deben emplearse unidades del Sistema Internacional: metro (m), kilogramos (Kg), Segundo (s), entre otras.

## 5. Arbitraje

- 5.1 El trabajo, recibido por el Editor(a), será enviado al Comité Editorial para su revisión y consideración de tres árbitros.
- 5.2 El método de arbitraje que sigue la revista es de tipo “doble ciego”, que consiste en que tanto los árbitros como los autores desconocen sus respectivas identidades.
- 5.3 Los trabajos serán evaluados de acuerdo a los siguientes criterios: claridad, originalidad del contenido, aportes al campo de conocimiento, coherencia del discurso, adecuada organización interna, calidad de las referencias bibliográficas, adecuada elaboración del resumen y pertinencia del título.
- 5.4 En caso de recibir observaciones por parte de los árbitros, estas serán enviadas al(los) autor(es) para su corrección. Después de realizar las correcciones, los autores devolverán la versión corregida en un CD-ROM, así como un original impreso y tres copias.
- 5.5 Las pruebas de imprenta serán enviadas a los autores para la revisión final del artículo.
- 5.6 Cuando el trabajo sea aceptado los autores serán informados del tiempo aproximado de publicación. Si el trabajo es rechazado los autores podrán remitir al Editor(a) Jefe una comunicación exponiendo argumentos a favor de su artículo. El Comité Editorial considerará las acciones a tomar.
- 5.7 Cada autor principal de los artículos publicados recibirá gratuitamente una (1) revista y cinco (5) separatas.

## **6. Consideraciones finales**

- 6.1 Los conceptos u opiniones emitidos en los artículos, serán de exclusiva responsabilidad de los autores.
- 6.2 El Comité Editorial se reserva el derecho de los arreglos de estilo que considere conveniente.
- 6.3 Bajo ninguna circunstancia, la revista devolverá los originales (Impreso y CD-ROM) de los artículos enviados par su consideración.
- 6.4 Lo no previsto en las presentes normas será resuelto por el Comité Editorial.



## **Guidelines for Submitting Articles**

1. URU techno-scientific journal is an arbitrated digital journal of the Rafael Urdaneta University, whose purpose is to publish scientific papers in the areas of engineering (Chemical, Civil, Electrical, Computer, Telecommunications, Industrial, Animal Production, etc.).
2. **Types of articles**

Articles will be accepted for publication which have not been submitted or published in other scientific journals, and should have a maximum of fifteen (15) pages, and written in MICROSOFT OFFICE WORD. Three copies should be submitted along with a CD-ROM containing the article.

  - 2.1 Scientific articles that summarize the "state of the art " in areas of interest for the journal with a maximum of fifteen (15) pages.
  - 2.2 Reflection articles on specific issues covered by the magazine, from an analytical, interpretative or critical viewpoint of the author, and based on original sources.
  - 2.3 Review articles which analyze, systematize and integrate results, published or unpublished, on specific issues covered by the magazine.
  - 2.4 Discussion articles: A document that presents the debate of assertions published in previous articles.
  - 2.5 Articles by special guests with a maximum of fifteen (15) pages long.
  - 2.6 Technical notes on process improvements in engineering, results of research obtained from professional practice in engineering and related fields, with a maximum of eight (8) pages.
3. **The front page must contain**
  - 3.1 Title of paper in English and Spanish, in uppercase and lowercase letters.
  - 3.2 Author's name , maximum of 6 authors and full institutional address or addresses (postal address, e-mail).
  - 3.3 Abstract in Spanish and English with a maximum of two hundred (200) words.
  - 3.4 Key words in Spanish and English with a maximum of five (5) words.
4. **Text guidelines**
  - 4.1 The sequence for the article should be as follows: title, abstract (in English and Spanish), introduction, theoretical foundations, experimental part, and discussion of results, conclusions, acknowledgements and references.
  - 4.2 Article should be written in 12 point Times New Roman, and 16 point for the title, and figures, tables and subordinate text should use 10 point. Interlining should be double space; abstract, acknowledgments and references should be single space.
  - 4.3 The heading of each section should be centered and written in boldface letters.
  - 4.4 Subsections headings should be written in boldface letters on the left of text and in upper and lower case letters.
  - 4.5 Figures, photographs, diagrams and charts should be labeled as figures, and numbered with Arabic numerals, as well as tables. They should be included within the corresponding text along any explanation.
  - 4.6 The article draft should be in Spanish or English.
  - 4.7 Photographs, images and figures included in the document should be annexed separately on a CD-ROM of excellent quality.

- 4.8 Photographs must be in black and white, with good contrast and brightness, with a maximum width of 9.5 centimeters.
- 4.9 Mathematical symbols should be written clearly and legibly, with subscripts and superscripts correctly located.
- 4.10 Mathematical equations should be numbered sequentially with Arabic numerals within parentheses and placed on the right margin.
- 4.11 Quotations within the document should be written with the author's name followed with a number inside brackets that corresponds to the reference. Examples: García [1], L. Moreno [3, pages 19-24] or, if there are three or more authors, the reference number without the author's name [4], and written as K.Nishimoto et al. [2].
- 4.12 Bibliographic references to journal articles should include author (s) name (s); if it has multiple authors, their names should be separated by commas, title of journal, volume and number, year of publication (in parentheses) and page numbers. Bibliographical references should be included only when authors are fully identified and they will be written in order of appearance of the quote. Example: Garcia C., Marin J., Alaña J., Martinez K y Faria J., Model of Nernst-Planck applied to the ion exchange kinetics of the PO<sub>4</sub> (-3)-Cl(1) system in milk, Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia, vol. 30, N° 3, (2007), 236-243.  
Books references should be written: surname and initial of the author (s) name (s) in uppercase and lowercase letters.  
Example: Nishimoto K. (editor), Fractional calculus and its applications, Nihon University, Tokyo (1990).
- 4.13 Articles should use the International System Units: meter (m), kilogram (kg), second (s).

### **Evaluation**

- 5.1 Articles received by the Editor (s) will be submitted to the Editorial Committee for review and consideration of three arbitrators.
- 5.2 The evaluation method followed by the Journal is of the "double blindness" type; neither the arbitrators nor the authors know their respective identities.
- 5.3 The works submitted will be evaluated according to the following criteria: clarity of language, originality of contents, contributions to the field of knowledge, coherence, adequate internal organization and quality of bibliographic references, appropriate elaboration of the abstract and relevance of title.
- 5.4 In case of observations from the referees, these will be forwarded to the author (s) for corrections. After making corrections, the authors should return the corrected version on a CD-ROM, as well as an original of the reviewed work and three copies.
- 5.5 Press proof will be sent to authors for final review of the article.
- 5.6 When the work is accepted, authors will be informed of the approximate date of publication. If the work is rejected, the author may submit a communication to the Editor in Chief presenting his arguments in favor of the article. The Editorial Committee will consider the actions to take.
- 5.7 Each author will receive one (1) free copy of the journal volume and 5 reprints.

### **Final considerations**

- 6.1 Concepts or opinions expressed in articles shall be the sole responsibility of the authors.
- 6.2 The Editorial Committee reserves the right for any format changes that considers convenient.
- 6.3 Under no circumstances, the magazine will return the original of the articles (print and CD-ROM) submitted for consideration.
- 6.4 Questions not answered by these guidelines shall be resolved by the Editorial Committee.



***Revista Tecnocientífica URU*** N° 12  
Maracaibo, Venezuela