

Revista de Investigaciones

Universidad del Quindío

Departamento del Quindío
50 años de desarrollo, ciencia,
investigación

UNIVERSIDAD
DEL QUINDIO

Revista de Investigaciones
Universidad del Quindío
Enero - Julio de 2016
Vol.1 N° 28 PP 151

ISSN Para Impresión: 1794-631x
ISSN Electrónico: 2500-5782



REVISTA DE INVESTIGACIONES UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

Rev. Invest. Univ. Quindío	Volumen 1	Número 28	P.P. 151	Ene-Julio 2016	ISSN Impreso 1794-631X	ISSN Electrónico 2500-5782
---------------------------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------

Armenia – Quindío, Colombia
RIUQ 2016

Incluida en los centros de documentación y bases de datos Internacionales
PUBLINDEX de COLCIENCIAS – Categoría C
LATINDEX en Catálogo
EBSCO
HEVILA
GOOGLE SCHOLAR
REDIB
PKP(Public Knowledge Project)



© Derechos reservados de autor

Queda prohibida la reproducción parcial o total del material gráfico y editorial de la publicación sin previa autorización escrita del editor.

Portada: Departamento del Quindío 50 años de desarrollo ciencia e investigación. Luis Alberto Romero

Diagramación: Vicerrectoría de Investigaciones, Luis Alberto Romero

Impresión: Litoskrybe

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

Vicerrectoría de Investigaciones

Carrera 15 calle 12 Norte

Telefonos (096) 7359305 e-mail: riuq@uniquindio.edu.co

Open Journal System: <http://www.riuq.edu.co>

Armenia Quindío Colombia



EDITOR EN JEFE

Jhon Carlos Castaño Osorio. Ph.D.

Universidad del Quindío

COMITÉ EDITORIAL

Eunice Ríos Vásquez. Ph.D.

Universidad del Quindío

Patricia Landázuri. Ph.D.

Universidad del Quindío

Liliana Tirado Mejia. Ph.D.

Universidad del Quindío

Luis Sarmiento. Ph.D.

Cellular Autoimmunity Unit, Clinical Research Center,
Lund University
205 02 Malmö Malmö, Swedens

Bruno Rivas-Santiago. Ph.D.

Unidad de Investigación Médica Zacatecas
Instituto Mexicano del Seguro Social

Diego Esteban Cargnelutti. Ph.D.

Investigador Asistente
Instituto de Medicina y Biología Experimental de Cuyo
(IMBECU) CCT-Mendoza, CONICET, Argentina

Rogelio Ocampo Cardona. Ph.D.

Doctor en Ciencias Químicas. Profesor Titular,
Departamento de Química, Universidad de Caldas,
Manizales, Colombia

Tiago da Silva Medina. Ph.D.

Post-doctoral Fellow
Princess Margareth Cancer Research Centre, University
Network Health

Mercedes Girón Vanderhuck. Ph.D.

Universidad del Quindío

Luis Alberto Romero. Profesional

Profesional Independiente
Gestor y Administrador Open Journal System RIUQ

COMITÉ CIENTÍFICO

Ana Ladio. Ph.D.

Universidad Nacional Comahue, Argentina

Misael Cortés Rodríguez. Ph.D.

Universidad Nacional de Colombia,
Medellín- Colombia

Luis Sarmiento. Ph.D.

Cellular Autoimmunity Unit, Clinical Research Center,
Lund University
205 02 Malmö Malmö, Swedens

Fidel Ángel Nuñez Fernández. Ph.D.

Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri,
La Habana- Cuba

José Luis Martínez. M.S.

Universidad de Santiago de Chile, Chile

Luís Puente Díaz. Ph.D.

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

CONTENIDO

	Página
Editorial	8
ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL BLANQUEAMIENTO EN DIENTES SOMETIDOS A ENJUAGUES BUCALES UTILIZANDO PROCESADO DIGITAL DE IMAGENES.	9
Leonardo Díaz, Yaileth Morales, Cesar Torres.	
ESTABLECIMIENTO DE ESPECIFICACIONES PARA UN ESTANDAR E-LEARNING EN LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO.	14
Edgar Javier Carmona Suárez, Elizabeth Rodríguez Salinas.	
MICROBIOTA ENDOFITA DEL GÉNERO <i>Maxillaria</i> RUIZ & PAV. (ORCHIDACEAE) EN DOS RESERVAS NATURALES DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.	23
Johan Stiben Rodríguez Melo, Fabiana María Lora Suarez.	
ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE NÚMEROS DECIMALES Y SUS OPERACIONES DESDE LAS ETAPAS REAL O CONCRETA, GRÁFICA Y SIMBÓLICA.	32
Graciela Wagner O., Heiller Gutiérrez Z., Liliana Patricia Ospina M.	
DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA, CAUSAS Y EVITABILIDAD DE LOS EVENTOS ADVERSOS EN EL SERVICIO DE PEDIATRÍA DE UN IPS QUINDIO 2014.	43
María Camila Rendón Román, Smyd Vanneza Restrepo franco, Jheimy Jackeline García Castañeda.	
LA GESTIÓN EN LOS PLANES INTEGRALES SISO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.	56
John Jairo Duque Arango.	
VIRUS Y ENFERMEDADES CRÓNICAS.	72
Jhon Carlos Castaño Osorio.	
ESTIMACIÓN DE MAPA DE PROFUNDIDAD EN CAMPOS DE LUZ MEDIANTE EL USO DE UNA TAXONOMÍA TIPO ESTÉREO.	92
Francisco C. Calderon, Carlos A. Parra, Cesar L. Niño.	
SISTEMA ANTI COLISIONES PARA NAVEGACIÓN EN INTERIORES DE UN QUACOPTER USANDO UN CONTROLADOR DIFUSO Y SENSORES DE RANGO.	101
Rubén Darío Fonnegra Tarazona, Felipe Ríos Lopera, Germán David Góez Sánchez.	
CONTROL DE CALIDAD ÓPTICO DE GEM FOILS.	109
César A. Rodríguez, Rafael M. Gutiérrez, Andrés E. Jaramillo.	
ANÁLISIS ESPECTRAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE HUELLAS ACÚSTICAS.	116
Eduardo E. Zurek, Margarita R. Gamarra A., José R. Escorcía G., Carlos Gutierrez., Henry Bayona, Roxana Pérez. Xavier García.	

EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA FMTOMO DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA PARA APLICACIONES COMPUTACIONALES DE ALTO RENDIMIENTO.	123
Juan S. López G., Sergio A. Abreo C., Oscar M. Reyes T.	
PROTOTIPO DE REHABILITACIÓN FUNCIONAL DE CODO Y MUÑECA CONTROLADO MEDIANTE COMPUTADOR.	131
Milton Gonzalo Acosta Jarrín, Flavio Minos Pineda López, Patricia Gabriela Moya Cáceres, Stephanie Carolina Vásquez Gabela.	
EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN MEDIANTE EL USO DE SEÑALES DE ACTIVIDAD DE LOS MÉTODOS DE HABLA EN EL ESPAÑOL DEL RIO DE LA PLATA CON EL USO DE BEPPA CORPUS.	138
Horderlin Vrangeli Robles, Valentin Molina, Luis Martinez, Hermann Davila.	

CONTENT

	Page
Editorial	8
STUDY OF THE TEMPORAL EVOLUTION OF WHITENING IN TEETH UNDERGOING MOUTHWASHES USING DIGITAL IMAGE PROCESSING. Leonardo Díaz, Yaileth Morales, Cesar Torres.	9
SETTING A SPECIFICATIONS FOR E-LEARNING STANDARD AT THE UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO. Edgar Javier Carmona Suárez, Elizabeth Rodríguez Salinas.	14
ENDOPHYTIC MYCOBIOTA OF GENUS <i>Maxillaria</i> RUIZ & PAV. (ORCHIDACEAE) IN TWO NATURE RESERVES OF QUINDÍO. Johan Stiben Rodríguez Melo, Fabiana María Lora Suarez.	23
CONCEPT TEACHING DECIMAL NUMBERS AND OPERATIONS FROM THE REAL STAGES OR CONCRETE, GRAPHICS AND SYMBOLIC. Graciela Wagner O., Heiller Gutiérrez Z., Liliana Patricia Ospina M.	32
DETERMINATION OF FREQUENCY, CAUSES AND PREVENTABILITY OF ADVERSE EVENTS IN THE PEDIATRIC WARD A IPS QUINDIO 2014. María Camila Rendón Román, Smyd Vanneza Restrepo franco, Jheimy Jackeline García Castañeda.	43
SISO MANAGEMENT IN COMPREHENSIVE SCHEMES IN THE CONSTRUCTION SECTOR. John Jairo Duque Arango.	56
VIRUSES AND CHRONIC DISEASES. Jhon Carlos Castaño Osorio.	72
DEPTH MAP ESTIMATION IN LIGHT FIELDS USING AN STEREO-LIKE TAXONOMY. Francisco C. Calderon, Carlos A. Parra, Cesar L. Niño.	92
ANTI-COLLISION SYSTEM FOR INDOORS QUADCOPTER NAVIGATION USING FUZZY CONTROLLERS AND RANGE SENSORS. Rubén Darío Fonnegra Tarazona, Felipe Ríos Lopera, Germán David Góez Sánchez.	101
OPTICAL QUALITY CONTROL OF GAS ELECTRONMULTIPLIER FOILS. César A. Rodríguez, Rafael M. Gutiérrez, Andrés E. Jaramillo.	109
SPECTRAL ANALYSIS FOR RECOGNITION OF ACOUSTIC FINGERPRINT. Eduardo E. Zurek, Margarita R. Gamarra A., José R. Escorcía G., Carlos Gutierrez., Henry Bayona, Roxana Pérez, Xavier García.	116

EVALUATION OF THE SEISMIC TOMOGRAPHY TOOL FMTOMO FOR HIGH PERFORMANCE COMPUTING APPLICATIONS. **123**

Juan S. López G., Sergio A. Abreo C., Oscar M. Reyes T.

FUNCTIONAL ELBOW AND WRIST REHABILITATION PROTOTYPE CONTROLLED BY COMPUTER. **131**

Milton Gonzalo Acosta Jarrín, Flavio Minos Pineda López, Patricia Gabriela Moya Cáceres, Stephanie Carolina Vásquez Gabela

EVALUATION AND COMPARISON USING ACTIVITY SIGNALS OF SPEECH METHODS IN RIVER PLATE SPANISH USING BEPPA CORPUS. **138**

Horderlin Vrangel Robles, Valentin Molina, Luis Martínez, Hermann Davila.

STUDY OF THE TEMPORAL EVOLUTION OF WHITENING IN TEETH UNDERGOING MOUTHWASHES USING DIGITAL IMAGE PROCESSING

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL BLANQUEAMIENTO
EN DIENTES SOMETIDOS A ENJUAGUES BUCALES UTILIZANDO
PROCESADO DIGITAL DE IMAGENES



Leonardo Díaz¹, Yaileth Morales¹, Cesar Torres¹

¹ Grupo de Óptica e Informática, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

Recibido: 1 Febrero de 2015

Aceptado: 10 Junio de 2015

*Correspondencia del autor: Leonardo Díaz E-mail: leonardodiaz@unicesar.edu.co

ABSTRACT

Currently, many patients are interested in esthetic dentistry treatments for various reasons: from the search for personal satisfaction, up to needs labor type. The esthetic dentistry reference in our society is determined by several factors, including one that produces more dissatisfaction is abnormal tooth color or that does not meet the patient's expectations. For this reason it has been designed and implemented an algorithm in MATLAB that captures, digitizes, pre-processing and analyze dental imaging by allowing to evaluate the degree of bleaching caused by the use of mouthwash. The samples analyzed were human teeth extracted, which were subjected to different concentrations of mouthwash of several brands or manufacturers that offer teeth whitening when using these products, different concentrations of hydrogen peroxide were also used because this is the component principal in whitening products.

Keywords: Image Processing, Tooth Whitening, Human Teeth, Esthetic Dentistry.

RESUMEN

En la actualidad, muchos pacientes están interesados en tratamientos de odontología estética, por diversas razones: desde la búsqueda de la satisfacción personal, hasta necesidades de tipo laboral. La referencia de la odontología estética en nuestra sociedad está determinada por varios factores, entre ellos uno que produce más insatisfacción es el color anormal del diente o que no cumple las expectativas del paciente. Por esta razón se ha diseñado e implementado un algoritmo en MATLAB que captura, digitaliza, pre-procesa y analiza imágenes dentales, al permitir evaluar el grado de blanqueamiento causado por el uso del enjuague bucal. Las muestras analizadas fueron dientes humanos extraídos, que fueron sometidos a diferentes concentraciones de enjuague bucal de varias marcas o fabricantes que ofrecen blanquear los dientes cuando se utilizan estos productos, también se utilizaron diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno ya que este es el principal componente de los productos para blanqueamiento dental.

Palabras claves: Procesamiento de Imágenes, blanqueamiento dental, Dientes humanos, Odontología Estética.

1. INTRODUCTION

The teeth have multiple shades and colors depending on certain factors such as age, sex, race; however, the teeth are very vulnerable and sensitive to the effects of toxic chemical contaminants and other drugs, especially during development, can be affected in both the composition of the dental structure common color thereof (1).

Our society is undergoing a process of growing cult of aesthetics dental and for this reason the demand for dental treatment claim that, plus morph functionally rehabilitate the tooth, your appearance will return natural (2). The aesthetic dental disciplines are responsible for trying to meet these requirements, and highlights including tooth whitening because it is a treatment that allows to achieve satisfactory results for the patient and the dentist within a reasonable time and with a high degree of safety (3) (4).

Today dentistry provides an opportunity to restore the unique characteristics of each patient as each colored natural tooth has many optical features that increase its complexity (5).

To date, consumers worldwide have acquired millions of whitening or dental teams hoping to get a radiant smile. Teeth whitening products come in the form of gel, strips or sleeves dental, and can be used both in the dentist at home. Hydrogen peroxide is the bleaching component of these products. In general, the whitening power of the amount of hydrogen peroxide.

Toothpastes and mouthwashes may also contain low concentrations of hydrogen peroxide as a disinfectant to prevent plaque and gum inflammation (6).

This article is developed in four parts: the first shown block diagram system design, implementation followed where detailed explanation of how the materials used for development of the same. Then shown results and finally the conclusions which comes after such results analysis.

2. METHODOLOGY

2.1 Design

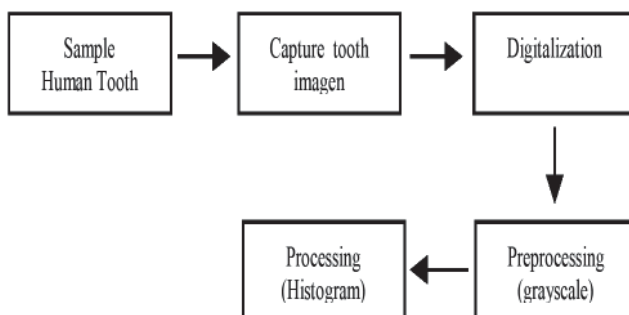


Figure 1. Block Diagram of the system design

The system input is the image of a human tooth which is digitized, passed gray scale and finally applies a histogram which will determine my level of whitening your teeth at the interval of time that has been immersed into hydrogen peroxide (figure 1).

2.2. Implementation

Was developed an algorithm in MATLAB that captures, digitizes, pre-processing and analyze dental imaging by allowing evaluating the degree of bleaching caused by the use of mouthwash.

The image Capture is making by a Microfix digital Microscope. The captured image belongs to an upper premolar tooth that has been previously immersed in 20ml of hydrogen peroxide at 12 volumes (3.6%) in different time intervals 0h, 24h, 48h ... 240h. These images are segmented and passed to gray scale and then apply a histogram. Figure (2-3)

The Microfix digital Microscope is a digital microscope connects to the USB port of your computer or laptop and allows you to view close ups of objects with up to 200x magnification (7).

Hydrogen peroxide (H_2O_2) is a colourless liquid with a bitter taste and is highly soluble in water to give an acidic solution. H_2O_2 is an oxidising agent with a wide number of industrial applications in for example, bleaching or deodorising textiles, wood pulp, hair, fur and foods, in the treatment of water and sewage, as a seed disinfectant and neutralising agent in wine distillation. Low concentrations of H_2O_2 have been found in rain and surface water, in human and plant tissues, in foods and beverages and in bacteria (8).

Risks commonly reported with tooth whitening include increased tooth sensitivity and mild gingival irritation. The degree of these side effects is directly related to the concentration of the peroxide bleach component, duration of the treatment, and the non-bleach composition of the product used.

Tooth sensitivity usually occurs at the time of treatment and can last several days; gingival irritation begins within a day of the treatment and can also last several days. There are additional risks that have been reported from in vitro studies which include tooth erosion, tooth mineral degradation, increased susceptibility to demineralization, and pulpal damage.

The ultimate endpoint for tooth whitening is dependent upon the tooth itself, with common wisdom telling us that all treatment regimens will eventually arrive at the same whitening endpoint. This is not exactly true as some very aggressive regimens can damage the tooth through dehydration and demineralization such that the tooth temporarily appears whiter (9).

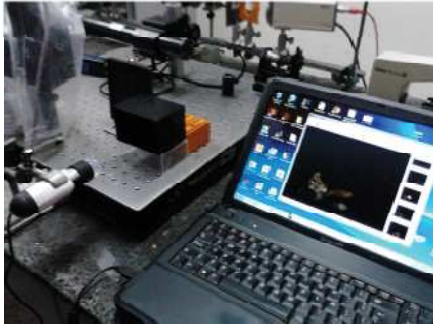


Figure 2. assembly System

Histograms are the basis for numerous spatial domain processing techniques. Histogram manipulation can be used effectively for image enhancement and addition to providing useful image statistics. The histogram of a digital image with gray levels in the range $[0, L-1]$ is a discrete function $h(r_k) = n_k$, where r_k is the K th gray level and n_k is the number of pixels in the image having gray level r_k .

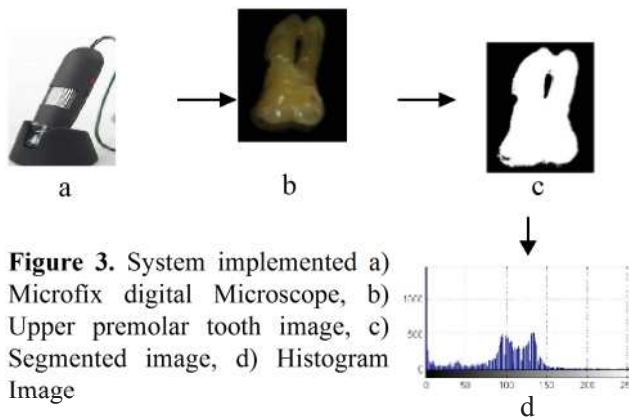


Figure 3. System implemented a) Microfix digital Microscope, b) Upper premolar tooth image, c) Segmented image, d) Histogram Image

It is common practice to normalize a histogram by dividing each of its values by the total number of pixels in the image, denoted by n . Thus, a normalized histogram is given by $(r_k) = \frac{n_k}{n}$, for $k=1, \dots, L-1$. Loosely speaking, $p(r_k)$ gives an estimate of the probability

of occurrence of gray level r_k . The horizontal axis of each histogram plot corresponds to gray level values, r_k . The vertical axis corresponds to values of $h(r_k) = n_k$ or $p(r_k) = \frac{n_k}{n}$ if the values are normalized. Note that the sum of all components of a normalized histogram is equal to 1 (10).

In Matlab was implemented the instructions `imhist(I)` that calculates the histogram for the intensity image I and displays a plot of the histogram. The number of bins in the histogram is determined by the image type, if I is a grayscale image, `imhist` uses a default value of 256 bins or if I is a binary image, `imhist` uses two bins.

RESULTS

The human tooth sample was immersed 20ml of hydrogen peroxide at 12 volumes (3.6%). Intervals were study time 0, 24, 48, 144 and 240 hours and lighting for the capture of the images were the same. Figure (4 - 5).

Capture image to 0 hours

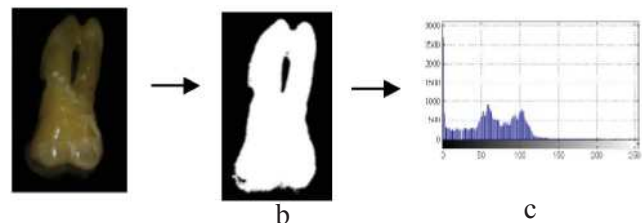


Figure 4. 0 hours processing image. a) Upper premolar tooth image, c) Segmented image, d) Histogram Image

In figure 4 showing teeth extracted without submitting to the solution of hydrogen peroxide and is our point of reference for determining the histogram obtained through the degree of whitening.

Capture image to 24 hours

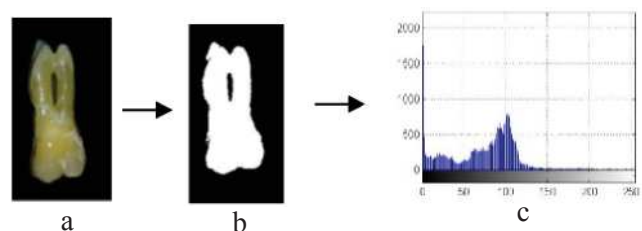


Figure 5. 24 hours processing image. a) Upper premolar tooth image, c) Segmented image, d) Histogram Image

In the histogram we obtain a graph where the number of pixels displayed per each gray level that appears in the picture. In figure 5 (24 hours). Displacement is not very noticeable, indicating a very poor grade in whitening.

Capture image to 48 hours

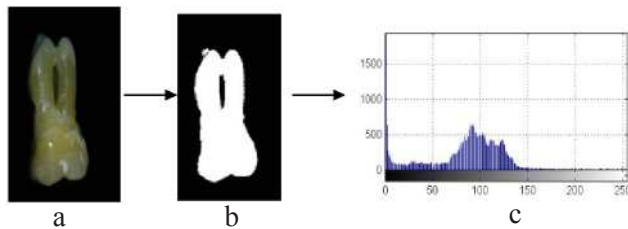


Figure 6. 48 hours processing image. a) Upper premolar tooth image, c) Segmented image, d) Histogram Image

Therefore the sample is left submerged in an interval of 24 hours for a total of 48 hours and then analyzing the behavior. Figure 6.

The shift of the histogram at this time was mild and decides to increase the range of Dip tooth in the hydrogen peroxide solution for about 96 hours for a total of 144 hours.

Capture image to 144 hours

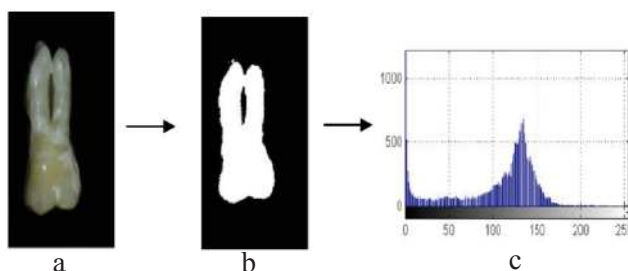


Figure 7. 144 hours processing image. a) Upper premolar tooth image, c) Segmented image, d) Histogram Image

In Figure 7, the tooth is shown physically visible changes to its normal color and the histogram obtained.

Capture image to 240 hours

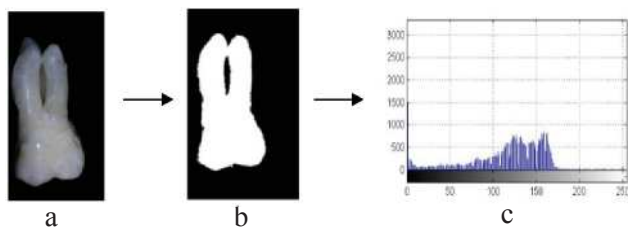


Figure 8. 240 hours processing image. a) Upper premolar tooth image, c) Segmented image, d) Histogram Image

The variation is noticeable in comparison with the first histogram obtained in Figure 4 also show a degree of whitening although emerging degradation in the tooth enamel.

In Figure 8 the tooth immersed shown in the peroxide solution at an interval of 96 hours to 240 hours total noticing whitening highly found on the tooth and shift the histogram in the. Importantly analyzed in this range there is a large loss of tooth enamel due to the time that the tooth was immersed.

By comparing the images can be seen at a glance that tooth periodically used hydrogen peroxide bleaching has a level which can also check with the running of the white level histogram.

4. CONCLUSION

Today, hydrogen peroxide is the most popular, easily accessible, and, the most important factor, handy treatment for cheap home teeth bleaching.

Noting the above graphic results, use peroxide concentration (12 volumes (3.6%)) give an excellent result in different times in which was submerged human teeth extracted.

This technique can be a novel method for determining the degree of tooth whitening in accordance to aesthetic the preferred by patient taking into account the supervision of dentist for him to do the analysis optical, and the determinate the diagnosis or changes tooth bleaching of such as the patient glaze.

This research will enable future the analysis and study of the differences mouthwash or other substances that offer dental whitening

Using hydrogen peroxide for teeth whitening might have some unpleasant sensations and burning in the gums but the ultimate result will definitely exceed your expectations, will get clean and snow-white teeth but though, lacking the enamel.

5. ACKNOWLEDGMENT

The authors thank the University Cesar Popular for their support in this research and the dentistry Maria del Pilar Dangond Oñate samples by providing us of human teeth.

BIBLIOGRAPHY

1. Berasategi A. Alteraciones del Color Dental. Clínica Dental Donnay
2. Morley J. The role of cosmetic dentistry in restoring a youthful appearance. J Am Dent Assoc 1999; 130: 1166-72.
3. Goldstein RE. In-office bleaching: where we came today . J Am Dent Assoc 1997; 128: 11-5.
4. Lambert DL. Motivación estética y blanqueamiento dental vital. Signature Int 2000;5: 5-10.
5. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. Int J Periodontics Restorative Dent 2003 Oct;23 (5):467-79.
6. Morris & Chapman. Blanqueadores Dentales y Productos de Higiene Bucal con Peróxido de Hidrógeno. GreenFacts-Facts on Health and the Environment. 2013.
7. Wondcam.com. All Rights Reserved. Company Name: Wondcam (HK) Innovation Limited 2007~2014
8. IARC. Hydrogen peroxide. 1999; 671–689.
9. Clifton M. Carey , “Tooth Whitening: What We Now Know”, The Journal of Evidence-Based Dental Practice 2014, pp. 1-19.
10. Gonzalez Rafael C. Digital Image Processing / Richard E. Woods-Second Edition. 2002 by Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458.

ESTABLECIMIENTO DE ESPECIFICACIONES PARA UN ESTANDAR E-LEARNING EN LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

SETTING A SPECIFICATIONS FOR E-LEARNING STANDARD AT THE UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO



Edgar Javier Carmona Suárez¹, Elizabeth Rodríguez Salinas²

¹. Profesor titular en la Universidad del Quindío, Grupo de investigación GEDES.

². Profesora Universidad Central de Colombia, Grupo de investigación AVEA.

Recibido: Noviembre de 2015

Aceptado: Julio de 2016

*Correspondencia del autor: Edgar Javier Carmona Suárez; E-mail: carmonaedgar@hotmail.com.

RESUMEN

El aumento en la oferta de cursos virtuales es solución para varios sectores de la población, dado que permite estudiar de manera asincrónica lo cual significa que no tendrá que asistir a ningún lugar para recibir la capacitación, rompiendo así las barreras de espacio y tiempo, cada estudiante aprende a su propio ritmo con soporte y control de un profesor capacitado para ello. El crecimiento en la oferta virtual, en muchas instituciones surge de iniciativas individuales, es desordenado y en ocasiones caótico, lo que exige centrar la atención en nuevos problemas. Uno de ellos es la falta de unidad de criterio de los espacios académicos en una misma universidad o incluso en un mismo programa. Esta investigación se propuso inicialmente hacer un estudio de cursos virtuales de la Universidad del Quindío y, a la luz de estándares internacionales en E-learning, generar un conjunto de especificaciones que propicien la normalización y estandarización adaptadas a las necesidades regionales, para ello se utilizó la técnica de investigación etnográfica y de Investigación Acción Participación (IAP). Se centró la atención en los aspectos técnicos, comunicativos, administrativos y pedagógicos de la producción de cursos virtuales.

Palabras claves: Estándares, educación virtual, E-learning, calidad educativa.

ABSTRACT

The increase in the supply of online courses is solution for a given sector of the population breakthroughs barriers of space and time, individual training and learning different rhythms. This growth comes in many institutions of individual initiatives; it is sometimes messy and chaotic, which requires focusing on new problems. One is the lack of uniform standards of academic spaces in the same university or even in the same program. This research was initially proposed a study of online courses at the University of Quindío and in the light of international standards in E-learning, generate a set of specifications that promote the normalization and standardization adapted to regional.

Keywords: Standards, virtual education, E-learning, educational quality online courses.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se aprecia una creciente oferta en la educación virtual; a tal punto que todas las universidades ofrecen cursos virtuales (Facundo, 2011), (Carrasco & González, 2011) y (Sierra, 2009). La Universidad del Quindío también ha ido aumentando paulatinamente la oferta de cursos virtuales. Pero, en este crecimiento no ha mediado un proceso de planeación sistemático y ordenado, sino que ha obedecido a iniciativas de docentes (Carmona y Berrio, 2012 y Carmona 2013). Se hace necesario entonces emprender varias acciones, que orienten, ya no a la implementación de cursos y programas virtuales, sino al mejoramiento de la educación, utilizando las potencialidades de las TIC. La normalización y estandarización son una buena alternativa para iniciar procesos que conduzcan a garantizar programas virtuales de calidad, en atención a que uno de los factores más importantes para que el material instructivo sea de calidad, es que sea útil para el logro de aprendizajes, bajo normas y estándares mínimos (Morales, 2014).

En el contexto internacional, se observa como en la gran mayoría de las instituciones, y tal como lo afirma Hilera y Hoya (2010), toda esta proliferación de cursos virtuales surgieron y se desarrollaron sin un marco adecuado en cuanto a metodologías técnicas, documentales y psicopedagógicas, lo que conduce a problemas de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad, interactividad y reutilización de los materiales curriculares, disponibles en las diferentes redes de comunicación (Hilera & Hoya, 2010).

Para Varela (2015) una forma de aproximarse al concepto de calidad en la formación virtual es a través de las certificaciones que ofrecen las agencias de Normalización, evaluación y certificación, tales como AENOR, en España o CALED, en Ecuador. Se precisa entonces empezar por la utilización de procesos de normalización, que orienten la calidad de los materiales educativos. Enfrentar este problema conduce al concepto de “estándar”.

Según la International Organization for Standardization (ISO), que reúne las diferentes organizaciones nacionales de estandarización: *“La estandarización es la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que*

puede ser tecnológico, político o económico” (ISO, 2009).

Estos estándares, en algunos casos, son de obligado cumplimiento, tal es el caso de páginas web que deben cumplir un determinado nivel de accesibilidad para discapacitados. Los estándares de facto son los que se usan por voluntad propia o conveniencia y tienen una amplia aceptación, aunque no hayan sido sancionados por un organismo de estandarización. El caso más conocido en Internet, son las recomendaciones realizadas por el World Wide Web Consortium (W3C), que crea las normas más utilizadas en la red, como por ejemplo el lenguaje HTML.

METODOLOGÍA

El objetivo principal de la investigación fue formular un conjunto de especificaciones que orienten el establecimiento de un estándar E-learning, de manera que facilite la normalización de los cursos virtuales en la Universidad del Quindío. Esta investigación tiene una orientación cualitativa, ya que combina técnicas de investigación etnográfica y de Investigación Acción Participación (IAP). El componente etnográfico se fundamenta en la reflexión en torno al estudio de la evolución de la virtualidad en la Universidad, al análisis del estado del arte de los estándares en E-learning y a la forma como los artefactos tecnológicos median dinámicas educativas. Tiene un componente de investigación-acción participación dado la condición de investigadores inmersos en el objeto de estudio, que buscan el mejoramiento colectivo, mediante la creación de un conjunto de especificaciones que incidirán directamente en las políticas de educación virtual en la Institución.

Se hizo una revisión bibliográfica de los estándares para E-learning lo que permitió la fundamentación teórica; luego se hizo una observación activa, mediante la visita a cinco universidades, con el fin de hacer una contextualización nacional sobre el estado del arte. Al interior de la Universidad se realizaron entrevistas no estructuradas a líderes de estrategias virtuales y encuestas a docentes orientadores de cursos virtuales. Paralelamente se aplicaron instrumentos de observación a una muestra de los cursos en la plataforma educativa para analizar el estado del E-learning en la Universidad. De igual manera se diseñaron y aplicaron instrumentos y métodos de observación a una selección de cuarenta docentes de la Universidad.

Finalmente, se elaboraron las especificaciones, las cuales se consignan en un instrumento que sirve de guía a las instituciones en el diseño de cursos virtuales, y al docente para que pueda, de manera más asertiva, enfrentarse a procesos de virtualización.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En la práctica pedagógica mediada por las TIC el uso de estándares E-learning evita diversos problemas, entre ellos: el de **portabilidad**, es decir, que los contenidos se puedan mover y almacenar en diferentes plataformas; **la interactividad**, relacionada con el alto grado de participación e intercambio de experiencias entre los participantes; **la interoperabilidad**, esto es, que funcionen en distintas plataformas de hardware y software, sean **reutilizables**, sirvan como base para la creación de otros cursos y aplicaciones, sean **accesibles** y **usables**, que tengan metadatos para facilitar su localización. Hasta el momento, no existe una metodología única que garantice los objetivos de accesibilidad, interoperatividad, usabilidad, accesibilidad y reutilización de los materiales educativos en la Web (Hilera & Hoya, 2010) e (Hilera, 2015).

Varias organizaciones han generado estándares E-learning, entre las que se pueden citar: ADL (*La Advanced Distributed Learning*), AICC (*Aviation Industry Computer Based Training Committee o Comité de la Industria de la Aviación para el aprendizaje basado en Computadoras*), CEN (*Comité Europeo de Normalización*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*, y dentro de él, el LTSC o *Comité de Estandarización de las Tecnologías Aplicadas al Aprendizaje*), IMS GLC (*IMS Global Learning Consortium*), ISO/IEC (*International Standards Organization en colaboración con International Electrotechnical Commission*) ARIADNE (*Alliance of Remote Instructional Authoring and distribution Network for Europe*), DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*) y W3C (*World Wide Web Consortium*). Estas organizaciones, han creado estándares que se encargan de normalizar el E-learning categorizado en: contenidos y evaluaciones, usabilidad, accesibilidad, interoperatividad, arquitectura, calidad, competencias, derechos de autor, información del estudiante, metadatos, procesos de aprendizaje, repositorios, vocabulario y lenguajes. Algunos de ellos son: IMS DALA (2005), SCORM CAM (2006), UNIQUE (2006), ISO/IEC 24751-1 (2008), ISO 9001 (2008), LORN MD (2008)

y WAI ARIA (2009).

En Colombia, en 2005, el Ministerio de Educación Nacional (M.E.N.), lanzó el primer Concurso Nacional de Objetos de Aprendizaje, con el propósito de consolidar por primera vez un banco de objetos de aprendizaje y ponerlo a disposición de la comunidad educativa nacional e internacional. Uno de los requerimientos para los participantes consistió en crear una ficha técnica con todos los atributos y descripción de uso del objeto de aprendizaje, de tal forma, que permitiera una fácil catalogación e intercambio de los mismos. Lo anterior, obligó a pensar en la búsqueda, análisis y revisión de estándares existentes. El M.E.N. adoptó entonces, el metadato Dublin Core, el empaquetamiento mediante SCORM, el sistema de administración de contenidos (CMS) DRUPAL y D Space para conformar el Banco de Objetos (Ministerio de Educación Nacional, 2012).

Un año más tarde, fue necesario hacer visible y utilizables, los objetos de aprendizaje creados, para lo cual, se pensó en el M.E.N. en un estándar de clasificación fácil y oportuna, para el acceso a los objetos, los cuales estuvieran dispuestos en categorías y áreas del conocimiento. Se definió entonces un perfil de aplicación de un estándar de metadatos, basado en el estándar IEEE LOM y ajustando el perfil de aplicación a los requerimientos propios del país, se implementó un estándar que se denominó LOM CO, para describir los aspectos técnicos y educativos de los Objetos del Banco Nacional de Objetos y de los Bancos Institucionales. LOM CO define los siguientes metadatos obligatorios para los Objetos de Aprendizaje del Banco Nacional y considera opcionales, los correspondientes al resto de campos de la especificación IEEE LOM (Agudelo Benjumea, 2009):

- a) **General:** título, idioma, descripción y palabras clave.
- b) **Ciclo de Vida:** versión, autor(es), entidad y fecha.
- c) **Técnico:** formato, tamaño, ubicación, requerimientos e instrucciones de uso.
- d) **Educacional:** tipo de interactividad, tipo de recurso de aprendizaje, nivel de interactividad, población objeto y contexto de aprendizaje.
- e) **Derechos:** costo, derechos de autor y otras restricciones.
- f) **Relación:** define la relación entre objetos

de aprendizaje.

g) Anotación: uso educativo.

h) Clasificación: fuente de clasificación y ruta taxonómica.

El gobierno colombiano tomó conciencia acerca de la importancia de la educación virtual y por ello promulgó el Decreto 1295 de 2010, por medio del cual dotó a la educación de herramientas para desarrollar una nueva filosofía educacional, y es hacia allá donde debe apuntar la tarea del docente: sin ella no es posible alcanzar altos estándares de calidad, suficientes para entregar profesionales probos al sector laboral del país (Zuluaga, 2010 y Morales 2014).

En esta investigación, después del análisis de los estándares y especificaciones utilizados en la enseñanza, y mundialmente reconocidos por los organismos citados, se encontró que existe una amplia gama estándares, por lo que fue necesario limitarel análisis solo a algunos. De igual manera, se detectó que ningún estándar cubre todos los aspectos que los contextos universitarios demandan. Aquí coincidimos con el informe 16 del Ministerio de Educación y Ciencia de España, en el cual se les denomina como “los más maduros” y son aquellos que abordan aspectos relativos a los contenidos, cómo se empaquetan los cursos, cómo se describen tanto los cursos como los propios elementos que componen dichos cursos (Fernández, Moreno, Sierra, & Martínez, 2008).

Se consideró así, que tres (3) experiencias son suficientemente argumentadas, como para ser consideradas en procesos de estandarización en cualquier institución universitaria, son ellas: IMS (Global Learning Consortium, Inc.) es el principal promotor y desarrollador de especificaciones abiertas, y cubren más aspectos de la educación virtual; el desarrollado por ADL en su modelo de referencia SCORM, y, el aporte de IEEE LTSC con su propuesta de metadatos para objetos de aprendizaje.

De igual manera se planteó el interrogante: ¿Es posible diseñar un conjunto de especificaciones que permitan la creación de un estándar E-learning para la universidad del Quindío? En el intento por responder a esta pregunta, los investigadores diseñan estrategias de implementación tecnológica, que impacten positivamente los espacios de aprendizaje al interior de la Universidad.

Si bien los estándares están contruidos para cumplir normas, en este ejercicio de reflexión, los investigadores han comprendido la necesidad de acomodar las especificaciones generalizantes a situaciones contextuales; entendiendo que en la compleja realidad educativa, interactúan variedad de factores que estimulan o interfieren los procesos de aprendizaje. Es claro que el seguimiento de una política internacional permitiría a la Universidad del Quindío una normalización mundialmente reconocida y avalada, pero también es necesario responder con propuestas a contextualizadas a las necesidades de la región.

Propuesta de especificaciones para los estándares de educación virtual

Varios autores coinciden en la necesidad de considerar las categorías que fundamentan los requerimientos del estándar (Viscay, 2005) (Hilera González & Hoya Marin, 2010).

La norma UNE 66181:2012, establece los parámetros de la calidad para la formación virtual y de la gestión de la calidad, haciendo referencia a la empleabilidad, el nivel de reutilización, la metodología, etc. Para CALED, la calidad en la formación virtual está relacionada con cuatro aspectos: tecnología, formación, diseño instruccional y servicios y soporte (Varela, 2015).

Para efectos de la Universidad del Quindío, se consideró importante la definición de las siguientes características:

- **Accesibilidad**, en cuanto a que sea accesible para todas las personas de acuerdo (Hilera, 2013) e (Hilera, 2013).
- **Transversalidad**: los contenidos educativos deben abordar temas generales y deben tener la capacidad de ser usados en diversas áreas del conocimiento (Ética, Emprendimiento, Proficiencias, Constitución Política, etc.).
- **Transmedia**: los contenidos educativos deben prepararse, diseñarse y producirse, aprovechando la peculiaridad del medio. Esta característica está relacionada con la “granularidad”, que hace referencia al aprovechamiento narrativo del medio que lo soporta y, da la posibilidad de articularse a estructuras globales (cursos).
- **Diseño funcional**: cada contenido educativo debe responder a un propósito y a una intención educativa. Los docentes han de trabajar de manera articulada, con equipos creativos, expertos en diseño,

formas narrativas, animación y composición, para orientar de la mejor manera la producción de los contenidos educativos.

- **Gestión administrativa:** cada contenido debe atender a una necesidad académica que fundamente, soporte y oriente el proceso de producción.
- **Licenciamiento:** es preciso establecer términos y condiciones claras para el uso, modificación y personalización de los contenidos educativos, y, en lo posible, la promoción del Copy left, a través de las licencias Creative Commons (En particular Creative Commons Colombia), sin desconocer los sistemas tradicionales de licenciamiento.
- **Unidad conceptual:** la institución debe establecer un marco conceptual para el entendimiento y difusión del proyecto educativo institucional.

Igualmente, para presentar la propuesta de estándar para los cursos mediados con tecnología, se consideró importante y fundamental retomar los conceptos establecidos en el Marco Conceptual de la Estrategia Virtual de la Universidad del Quindío, los cuales definen las metodologías, dentro de las que se desarrollan cursos E-learning y b-learning.

Concepto de estándar para los cursos B-learning y E-learning

De acuerdo con los organismos internacionales y en consideración con los aspectos particulares para el caso de la Universidad del Quindío, se elaboró una definición de estándar para la institución: este se concibe como un conjunto de especificaciones técnicas, pedagógicas y administrativas que regulan el diseño, la producción y la implementación de los recursos educativos, cuyo objetivo es la interoperabilidad entre dichos recursos construidos por diferentes profesores, en diferentes programas, con variedad de soportes y bajo criterios de unificación, normalización y racionalidad del costo. Dichas especificaciones poseen características abiertas que propician la construcción colaborativa de recursos educativos, entendidos estos en una acepción amplia que abarca desde la dimensión más granular de un recurso educativo -los objetos de aprendizaje- hasta la más compleja - las plataformas LMS-.

Especificaciones para el estándar

Se presenta para esta investigación, un conjunto de especificaciones de acuerdo a particularidades detec-

tadas en la realidad educativa y el contexto local. Los criterios de respeto por la propiedad intelectual, así como los aspectos administrativos, son algunos de los componentes a tener en cuenta en la implementación de estrategias tecnológicas dentro del Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la Universidad del Quindío. A continuación se presentan las especificaciones que componen, según esta propuesta, el estándar de calidad E-learning y B-learning para la Universidad del Quindío. Dichas especificaciones han de tenerse en cuenta al diseñar y planear recursos educativos.

ESPECIFICACIONES	
ACCESIBILIDAD* ³	Cualidad que busca garantizar que el curso o recursopueda ser consultado y/o utilizado por el mayor número de personas, incluyendo a quienes se encuentran en condición de discapacidad, y de igual forma, a aquellos que no cuentan con condiciones técnicas y tecnológicas adecuadas. El curso tendrá una versión offline disponible en formato físico portable (CD- USB).
ADAPTABILIDAD *	Propiedad que le permite a los recursos ser modificados, ajustados o personalizados de acuerdo con los intereses, necesidades o expectativas del usuario.
USABILIDAD *	Propiedad que garantiza la correcta interacción con el usuario, con el fin de procurar una experiencia cómoda, agradable, fácil y eficiente.
PEDAGÓGICO	Las actividades de aprendizaje deben responder a las competencias que el estudiante debe desarrollar. Dichas competencias orientan los propósitos educativos de las actividades de aprendizaje.
COMUNICATIVO	Propiedad que garantiza la claridad del mensaje en lo relacionado con el uso de los recursos y el contenido. El curso debe presentar procedimientos para el desarrollo de las actividades de aprendizaje y mediaciones necesarias para comprender el manejo de aplicaciones digitales y equipos de laboratorio y práctica, y los recursos que lo compongan deben estar dispuestos dentro de la actividad de aprendizaje.

CLASIFICABLE	Propiedad que posibilita la catalogación y ordenamiento de contenidos y cursos.
LICENCIADO	Característica que define las condiciones de uso de los recursos.

*Las definiciones de las especificaciones marcadas con asterisco son tomadas de las características de los Recursos Educativos Digitales Abiertos (REDA), definidos en el Documento REDA del MEN.

Configuración general de los cursos

A partir de la implementación de estas especificaciones, los en las Plataformas, deberán seguir las siguientes recomendaciones para la configuración general del curso:

Nombre del curso o espacio formativo	Debe reflejar el contenido general del curso, éste debe ser claro y conciso. Debe contener mayúscula inicial en cada palabra, excepto en las preposiciones, las siglas deben estar en mayúsculas. Ejemplo: Estrategias para Desempeño en AVA Cohorte IX
Nombre corto	Debe contener los siguientes elementos: 1) Las iniciales de la Facultad, dispuestas así: • Ciencias Humanas y Bellas Artes: CH • Educación: ED • Ciencias de la Salud: CS • Ingeniería: IN • Ciencias Económicas y Administrativas: CE • Ciencias Agroindustriales: CA • Ciencias Básicas y Tecnológicas: CB 2) Año, del cual se tomaron los dos últimos dígitos. 3) Semestre (entendido como el período académico del año), que se codificará con los números 1 o 2, según corresponda. 4) Las iniciales del nombre del curso
Programa académico	Nombre del programa académico o dependencia administrativa a la cual pertenece el curso o espacio formativo.
Descripción general del curso	Descripción del curso en 140 caracteres. El texto debe contener una síntesis sobre los aspectos fundamentales del curso, tales como: temas, competencias a desarrollar (Usar mayúscula inicial).
Unidades	Número total de unidades, módulos y secciones que conforman el curso.

Aspectos Comunicativos

La comunicación se considera un componente de gran importancia en la calidad del curso, por ello se considera que todo curso debe considerar los siguientes aspectos.

Presentación del docente	El curso debe contener un video de presentación del docente, quien rápidamente hace una presentación personal y profesional. Este video puede estar integrado con el video de presentación del curso.
Presentación del curso	Esta presentación puede hacerse a través de video o de audio. En este recurso, el docente hace una síntesis o introducción que permita al estudiante conocer las generalidades del curso (contenidos, evaluación, metodología, horarios, cronograma, etc.).
Medios de asesoría docente	El docente debe explicitar los medios a través de los cuales hará asesorías y seguimiento a los estudiantes, los horarios de atención y lugares de encuentro.

Tutoriales y video tutoriales	Sí se requiere el docente debe facilitar las mediaciones necesarias para que los estudiantes conozcan cómo utilizar equipos y aparatos dentro de las diferentes prácticas y laboratorios.
Tiempo de respuesta	El tiempo de respuesta a las consultas e inquietudes de los estudiantes del curso ha de darse en un tiempo no mayor a 24 horas.
Foro dudas e inquietudes	Este espacio de participación le ofrece la oportunidad de consignar las inquietudes de interés común sobre los contenidos y actividades del módulo. Este foro debe proponerse como un espacio colaborativo, donde se encuentran respuestas y orientaciones, no sólo por parte del profesor, sino también de los demás compañeros integrantes del grupo.
Foro conozcámonos (Novedades)	Este espacio permitirá a los estudiantes, conocerse e interactuar con sus compañeros de curso.
Perfil	Estudiantes: datos de contacto, fotografía, pregrado que estudia, intereses académicos, culturales y deportivos. Docentes: datos de contacto, fotografía, intereses académicos, culturales y deportivos, formación profesional y experiencia laboral.
Calendario	Este recurso relaciona el desarrollo de las actividades del curso, mostrándolas en el bloque de eventos próximos.

Aspectos pedagógicos

Dada la magnitud, el componente más complejo, en la creación de cursos, es el uso contundente de argumentos pedagógicos que contribuyan al logro de los objetivos trazados de manera eficiente, pues depende de muchos factores e involucra en gran medida las actividades del docente en el desarrollo día a día de los cursos. Un curso estratégicamente diseñado, con un componente pedagógico definido, se espera que sea un curso exitoso, pero siempre está en función del profesor que oriente el curso. Sin embargo se proponen como aporte al componente pedagógico, las especificaciones que a continuación se citan.

Guía General	Como parte del desarrollo del curso virtual, es necesario que el docente, elabore una guía general del curso disponible en plataforma.
Metodología	Con base en los créditos académicos o la intensidad horaria del curso virtual, así como en las relaciones entre tiempo de estudio independiente del estudiante (TI), el tiempo para el trabajo colaborativo entre estudiantes (TC) y el tiempo de trabajo de tutoría o acompañamiento por parte del docente-tutor (TT), el docente debe proponer un cronograma de trabajo que permita al estudiante organizar sus tiempos de estudio diario o semanal, especificando cuáles de las actividades de aprendizaje propuestas serán retroalimentadas y calificadas, así como su porcentaje frente a la calificación final. Esto implica cuantificar el tiempo que debe dedicar el estudiante al estudio del material de lecturas, al abordaje de actividades, a la búsqueda de información o trabajo en equipo, a la preparación de los aportes académicos, y demás desempeños en que deberá incurrir el estudiante bajo los principios de autodisciplina y aprendizaje colaborativo, precisando también los tiempos en los que acompañará o recibirá retroalimentación del tutor.
Red conceptual	Muestra un esquema o mapa de conceptos propios del curso.
Producción Intelectual propia	Se debe priorizar la elaboración de contenidos propios que expresen las ideas, pensamientos y criterios de los docentes, frente a otras fuentes y otros autores. Esto, con miras a ampliar el repositorio de recursos educativos disponibles para el desarrollo de las actividades de aprendizaje.

Evaluación	Se deben acoger las recomendaciones sobre la evaluación del aprendizaje, adoptada por la Universidad en el respectivo sílabo. Para el diseño, montaje y desarrollo de cursos, se debe explicitar la calificación y la evaluación. Además se deben especificar claramente los porcentajes de cada uno de los componentes de la evaluación. En los foros se evaluará la calidad de las intervenciones allí consignadas.
Recursos educativos	Todos los libros, lecturas, recursos y material complementario para el logro de los objetivos deben ser facilitados, respetando los derechos de autor.
Bibliografía / webgrafía	El docente debe aportar todos los vínculos o enlaces de acceso al material de estudio (e. g. sitios, bibliotecas digitales o repositorios de contenidos educativos) teniendo en cuenta derechos de autor y licencias de uso.

CONCLUSIONES

- Se hizo una caracterización de los procesos virtuales en la Universidad. De allí surgió la importancia de considerar componentes esenciales al implementar estrategias en la creación de cursos, tales como: el respeto por los derechos de autor y aspectos académico-administrativos.
- A través del levantamiento de información se constató que, usabilidad, accesibilidad, adaptabilidad y modularidad son conceptos validados y compartidos a nivel internacional, presentados por diferentes entes especializados en estandarización. En consonancia, transversalidad, transmedialidad, diseño funcional, gestión administrativa, licenciamiento y unidad conceptual son conceptos que responden a reflexiones educativas contextuales.
- Se diseñó un conjunto de especificaciones técnicas, administrativas y pedagógicas que condujeron al establecimiento de un manual de buenas prácticas, que pueda evolucionar hacia un estándar E-learning, que reúna los lineamientos de las organizaciones internacionales y se fortalezca con las necesidades y proyecciones locales.
- Para que una experiencia E-learning sea efectiva es necesario que los lineamientos pedagógicos, comunicativos, organizacionales y tecnológicos de su diseño guarden coherencia entre sí. Aunque los estándares están contruidos para cumplir normas, en este ejercicio de reflexión e investigación se ha comprendido la necesidad de acomodar especificaciones generales a situaciones contextuales. Habida cuenta de que la compleja realidad educativa debe abordarse desde un pensamiento flexible, los estándares se conciben como especificaciones orientadoras para el diseño de procesos educativos que incorporan lo virtual y lo tecnológico.
- La creación de un espacio virtual debe ser pensado y diseñado desde una perspectiva que permita distribuir y compartir el conocimiento. Así, la incorporación de estándares en educación debe propender a dar claridad en los procedimientos que deberían tenerse en cuenta en la producción e implementación. La normalización debe aplicarse con el propósito de establecer procesos y procedimientos que articulen y hagan evidente en cada diseño el diálogo coherente de los lineamientos que constituyen la Estrategia Virtual.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo B., N. M. (Marzo de 2013). *Colombia Aprende*. Consultado en Marzo de 2014. Ministerio de Educación Nacional: aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/men/docsoac3/0301_metadatos.pdf.
- Carmona S., E. J., (2013). *Hacia la Sociedad del Conocimiento*. Revista de investigaciones Universidad del Quindío. Vol 2, Nro 24. Septiembre de 2013.
- Carmona S, E. J., &Gallego Berrio, L. M. (2012). *Procesos educativos mediados por plataformas virtuales en la metodología presencial usando b-learning*.Revista de investigaciones Universidad del Quindío. Vol 2, Nro 23. Diciembre de 2012.
- Carrasco Vargas, S., & González Escobar, V. (2011). Concepción de E-learning en el contexto del país: Un nuevo concepto de mundo, de empresa y de educación. En C. Rama, & J. Domínguez Granada, *El aseguramiento de la calidad de la educación Virtual*. Chimbote, Perú: Gráfica Real.
- Facundo, A. (2011). Análisis del aseguramiento de la calidad de la educación superior. En C. Ramos, & J. Domínguez Granada, *El aseguramiento de la calidad de la educación virtual*. Chimbote, Perú: Gráfica Real.
- Fernández-Manjón, B., Moreno-Ger, P., Sierra, J. L. y Martínez-Ortiz, I. (2008). *Uso de estándares aplicados a TIC en Educación. Informe N° 16*. CNICE.
- Hilera González, J. R., & Hoya Marín, R. (2010). *Estandares ELearning: Guía de consulta*. Alcalá, España: Universidad de Alcalá.
- Hilera González J.R. (2013). *Guía metodológica para la implantación de desarrollos curriculares virtuales accesibles*. Universidad de Alcalá, Madrid.
- ISO. (2009). *International Organization for Standardization*. Obtenido de www.iso.org
- Ministerio de Educación Nacional, MEN. (2012). *Recursos Educativos Abiertos*. Bogotá: Colombia: Graficando Servicios Integrados.
- Morales Saldarriaga, J. C. (2014). *Estado de la legislación colombiana para la creación de programas profesionales virtuales con un alto componente de accesibilidad*. Institución Universitaria CEIPA. Libro de actas CAFVIR2014. V congreso internacional sobre calidad y accesibilidad de la Formación virtual. Pág. 133-140.
- Sierra, H. (2009). *Modelo pedagógico Humanista tecnológico de la Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales UN Virtual*. Obtenido de www.virtual.unal.edu.co/unv/portal/articles.
- Varela, C. (2015). *Formación virtual basada en calidad, innovación y accesibilidad*. Universidad de Asunción Paraguay. Libro de actas CAFVIR2015. Formación virtual inclusiva y de calidad para el siglo XXI. Pág. 26-31.
- Viscay, C. E. (2005). *Los estándares de E-learning*. (U. d. Virtual, Ed.) Ciencia y Tecnología.

MICROBIOTA ENDÓFITO DEL GÉNERO *MAXILLARIA* RUIZ & PAV. (ORCHIDACEAE) EN DOS RESERVAS NATURALES DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

ENDOPHYTIC MYCOBIOTA OF GENUS *MAXILLARIA* RUIZ & PAV.
(ORCHIDACEAE) IN TWO NATURE RESERVES OF QUINDÍO



Johan Stiben Rodríguez Melo¹, Fabiana María Lora Suarez²

¹. Estudiante de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental - Universidad del Quindío.

². Docente programa de Biología - Universidad del Quindío

Recibido: 6 Diciembre de 2015

Aceptado: 2 Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Johan Stiben Rodríguez Melo. E-mail: jsrodriguez_m_1@uqvirtual.edu.co

RESUMEN

Anteriormente las orquídeas eran consideradas como generalistas en sus interacciones con endófitos; tras el avance en el estudio de su fisiología se dio por sentado de que existe cierta variación en sus niveles de especificidad, incluso dentro de especies relacionadas filogenéticamente. Con el propósito de describir la micobiota endófito asociada al género *Maxillaria* en dos reservas naturales del departamento del Quindío. Se realizó un aislamiento y caracterización taxonómica de endófitos a partir de 576 fragmentos de tejido radicular provenientes de orquídeas pertenecientes al género *Maxillaria*. Se obtuvieron 268 aislados clasificados en 4 géneros de hongos endófitos; caracterizados macroscópicamente y microscópicamente; los géneros aislados con mayor frecuencia fueron los correspondientes al género-forma *Rhizoctonia*, representado por los géneros *Tullasnela* y *Ceratobasidium*. Se observaron diferencias en el número de plantas colonizadas por especie vegetal y por zona de muestreo. En conclusión, a pesar de ser un trabajo basado en caracteres morfotaxonómicos, se registran morfotipos del género forma-*Rhizoctonia* presentes en las zonas estudiadas, además este trabajo es la primera contribución Colombiana que documenta de manera sistemática algunos aspectos de la relación hongo orquídea en el departamento del Quindío y en el género *Maxillaria*.

Palabras claves: Interacciones, especificidad, aislados, colonización, morfotaxonómicos.

ABSTRACT

Previously orchids were considered generalists in their interactions with endophytes; after the breakthrough in the study of physiology it was assumed that there is some variation in their levels of specificity, even within phylogenetically related species. In order to describe the endophytic mycobiota associated with the genus *Maxillaria* in two nature reserves in Quindio. Isolation and taxonomic characterization of endophytes was carried out from 576 fragments of root tissue from orchids of the genus *Maxillaria*. 268 inmates classified into 4 genres of endophytes were obtained; characterized macroscopically and microscopically; asylees genres most frequently were those relating to form genus *Rhizoctonia*, represented by genus *Ceratobasidium* and *Tullasnela*. Differences in the number of plant species colonized by sampling area and plants were observed. In conclusion, despite being a work based on morphotaxonomic characters, morphs of form genus *Rhizoctonia* are recorded in the study areas, in addition this work is the first Colombian contribution to systematically documenting some aspects of the relationship fungus-orchid from Quindío and genus *Maxillaria*.

Keywords: Interaction, specificity, isolated, colonization, morphotaxonomic.

INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con cerca de 4.200 especies de orquídeas silvestres, agrupadas en 232 géneros (1). Sin embargo, en las últimas décadas se ha registrado una disminución alarmante de sus poblaciones en el país, debido al tráfico y comercialización ilegal de especies atractivas, además de otras actividades humanas como la minería y la ampliación de fronteras agrícolas y ganaderas (2). Alexander (3) plantea que estas últimas han provocado la modificación drástica de ecosistemas naturales, afectando la distribución y abundancia de gran número de especies vegetales, incluyendo las orquídeas.

La literatura sobre hongos endófitos y hongos formadores de micorrizas en orquídeas está estrechamente relacionada y a veces es imposible discutir estas asociaciones por separado. El término endófito se refiere a los microorganismos que crecen dentro de los tejidos vegetales sin causar síntomas de enfermedad pero sin asumir o excluir la posibilidad de beneficio para ambas partes (4-6). Por el contrario, el concepto de micorriza se enfoca en la parte funcional y describe una relación comúnmente mutualista (7-9). Estudios recientes como los de Bayman y Otero (4) y Tan *et al.*, (10) resaltan el papel que cumplen los endófitos en la protección de la planta frente a ataques de patógenos, ya sea por la síntesis de metabolitos secundarios o por el mejoramiento en la nutrición a través de la disponibilidad de los nutrientes (11). A pesar de esto, estudios como los de Bayman *et al.*, (12) muestran la falta de profundización en el conocimiento de las implicaciones que tienen dichas asociaciones y ponen en discusión la necesidad de conocer más a fondo temas como la importancia de los endófitos en la fisiología de las plantas hospedera y su verdadera significancia funcional para lo cual, en primera instancia, se hace necesaria una descripción de los endófitos que comúnmente se asocian a las diferentes especies de orquídeas.

El género *Maxillaria* además de la vistosidad de sus flores y complejas formas, se caracteriza por presentar una amplia distribución a lo largo y ancho del territorio quindiano (1, 13-17), por lo que podrían ser parte fundamental de los ecosistemas de la región. La implementación de herramientas como el uso adecuado de microorganismos, específicamente organismos endófitos asociados a las raíces terrestres y hongos endófitos formadores de micorriza en orquídeas, sin dis-

criminar importancia económica u ornamental, brinda la posibilidad de generar estrategias de conservación enfocadas en la incursión del uso de herramientas amigables con el ambiente (18); otorgando no solo el reconocimiento a países como Colombia por el uso de nuevas herramientas en pro de la conservación, sino también la ampliación en el conocimiento de relaciones ecológicas tan complejas como lo es el caso de las orquídeas y sus endófitos.

Con respecto al aislamiento y descripción de hongos endófitos presentes en orquídeas epífitas neotropicales, poco se sabe al respecto. Girlanda *et al.*, (19) en aislados obtenidos de pelotones en orquídeas de Brasil reveló la presencia de los anamorfos *Epulorhiza repens*, *Epulorhiza epiphytica*, *Epulorhiza* spp. y *Ceratorhiza* spp. En el caso particular de Colombia y especialmente en el departamento del Quindío, pocos han sido los trabajos que han documentado los endófitos asociados a orquídeas. Otero y Bayman (20), dan un listado preliminar de algunos géneros-forma, aislados de orquídeas del género *Vanilla* en Colombia. Sin embargo, sobre los hongos asociados a otras especies de orquídeas epífitas y terrestres no existe ningún trabajo (21) y el presente constituye el primer registro para especies de orquídeas en el departamento del Quindío.

Considerando la riqueza de especies de orquídeas en nuestro país y la importancia ecológica de los hongos endófitos, el presente trabajo se realizó con el objetivo de describir la microbiota endófitas asociada al género *Maxillaria* en dos reservas naturales del departamento del Quindío, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio: La reserva natural La montaña del Ocaso está localizada en la vereda El Laurel, al sur del municipio de Quimbaya y noroccidente del municipio de Montenegro, en el departamento del Quindío (4°34'08"N; 75°51'03"O). La reserva está conformada por un relicto selvático intervenido de 106 hectáreas, que presenta un rango altitudinal entre los 900-1000 msnm en la confluencia de los ríos La Vieja y El Roble (15).

La reserva natural La Sonadora, finca La Merced (4°26'17,6"N; 75°37'21,3"W) está ubicada en el municipio de Calarcá (Quindío), sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central, entre los 3.000 a 3.150

msnm. Hace parte de las 2.000 ha que el Comité de Cafeteros del Quindío destinó para la conservación y restauración ecológica de la cuenca alta de los ríos Santo Domingo y Río Verde.

Recolección del material biológico

Se recolectaron seis individuos por especie registrada en cada una de las reservas, (RNMO¹: *Maxillaria acuminata*², *Maxillaria guareimensis* y *Maxillaria equitans*; RNS³: *Maxillaria procurrens*, *Maxillaria alticola*,). Muestreándose un total de 36 ejemplares en ambas zonas, los cuales fueron empacados en bolsas individuales y transportados hasta el laboratorio de investigaciones del grupo BIOEDUQ donde se procedió a retirar, de cada ejemplar, las raíces que se observaban en mejor estado, para luego ser almacenadas en bolsas estériles termosellables a 4°C.

Aislamiento de hongos endófitos.

La determinación del medio de cultivo a usar se basó principalmente en las características biológicas y fisiológicas de los hongos microscópicos. El medio de cultivo PDA enriquecido con ácido láctico tiene la infusión de papa como fuente de almidones, los cuales, en conjunto con la dextrosa son la base para el crecimiento de hongos y levaduras. El bajo pH (3.5) evita el crecimiento de las bacterias. Es común utilizarlo en estudios de identificación de hongos debido a que mantiene activa la patogenicidad y capacidad de producir propágulos de reproducción de los mismos.

Por cada planta se analizaron cuatro tejidos radicales sanos, los de mayor edad (Mayor tamaño y espesor). Cada fragmento de tejido fue desinfectado superficialmente de forma individual en soluciones estériles, de acuerdo con el protocolo establecido por Otero *et al.*, (22) con modificaciones. Los fragmentos se sumergieron en agua destilada estéril durante 30 segundos tres veces, y posteriormente, en solución de etanol al 70% durante 60 segundos, seguido por lavado en hipoclorito de sodio al 1% durante 5 minutos y etanol al 70% por 30 segundos. Finalmente, los fragmentos se enjuagaron con agua destilada estéril para eliminar el exceso de hipoclorito y etanol y se secaron con papel absorbente estéril. Cada tejido de raíz desinfectado se cortó en 4 fragmentos de 0,25 mm los

cuales fueron colocados en secciones claramente definidas (A, B, C, D) en cajas Petri con medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA, Merck), enriquecido con ácido láctico (500uL/1lt).

Los cultivos fueron incubados durante 15 días a temperatura ambiente registrando cada 24 h la presencia o ausencia de colonias en el medio. Como control del proceso de desinfección se sembraron en PDA cinco alícuotas de 1 ml del agua destilada del enjuague final, ya que si la eliminación de la microbiota epífita fue efectiva esta solución debe estar estéril. Los controles también fueron incubados por 15 días.

Identificación de los hongos endófitos.

Para la caracterización taxonómica de los hongos aislados a partir de raíces de orquídeas, siguiendo el protocolo establecido por Otero *et al.*, (22) con modificaciones, se realizaron cultivos con tres repeticiones de los hongos mediante rayado vertical, para obtener un cultivo puro y homogéneo. Los hongos purificados fueron almacenados en un sitio libre de contaminación a temperatura ambiente por un lapso de 15 días, hasta su maduración y determinación de características morfológicas.

Mediante observación directa se realizó la comparación de características macroscópicas y microscópicas con estructuras morfológicas y con las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (23) para géneros de hongos microscópicos.

Para la identificación macroscópica de los hongos aislados se realizó la observación de características como: textura, coloración del micelio, presencia de esclerocios y morfología.

La observación microscópica de los hongos aislados se llevó a cabo mediante el montaje al microscopio óptico compuesto de fragmentos del cultivo, usando la técnica de cinta adhesiva, realizando comparaciones de características como: Hifas (alargadas o anchas, ramificadas, con septos); estructuras de almacenamiento de esporas (esporangios o conidios); ausencia o presencia de esporas.

Análisis de los datos

La incidencia de hongos endófitos fue comparada a nivel de especie y zona de muestreo.

¹.Reserva natural La Montaña del Ocaso

².Especie registrada en ambas reservas

³.Reserva natural La Sonadora

La frecuencia de colonización (% FC) de cada género fue calculada como la relación entre el número de fragmentos positivos para el género y el número total de fragmentos muestreados, expresado como un porcentaje:

$$\%FC = \frac{\# \text{ de fragmentos positivos para el género fúngico}}{\# \text{ fragmentos verdaderos muestreados por tejido/planta}} * 100$$

La abundancia relativa de hongos se definió como el número de aislados por género dividido en el número total de aislados por especie de orquídea.

La incidencia de hongos fue analizada a nivel de género y especie de orquídea en cada zona por separado, ésta se realizó mediante un análisis de componentes principales utilizando el software InfoStat, donde fue determinada la distribución de los géneros de endófitos en relación a las especies de orquídeas y a la zona de estudio. Tomando como referencia los datos correspondientes a la abundancia relativa de cada género de hongo y frecuencia de colonización que presentó en

cada especie de orquídea e interpretando en la gráfica la distancia entre los puntos correspondientes a géneros de endófitos y especies de orquídeas, considerando la cercanía entre puntos como mayor incidencia del género de endófito sobre la especie de orquídea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Identificación de los hongos endófitos: Se obtuvieron 576 fragmentos radiculares a partir de los 36 ejemplares colectados en ambas reservas. El crecimiento de hongos endófitos en los fragmentos fue evidenciado después de ocho días de incubación.

La totalidad de fragmentos positivos fue del 46,5%, a partir de los cuales se obtuvieron 268 aislados fúngicos clasificados en 4 géneros (Figura 1) dentro de los cuales se reportan algunos que comúnmente causan enfermedades en otras plantas como lo son *Ceratobasidium*, *Tulasnella* y *Colletotrichum*.

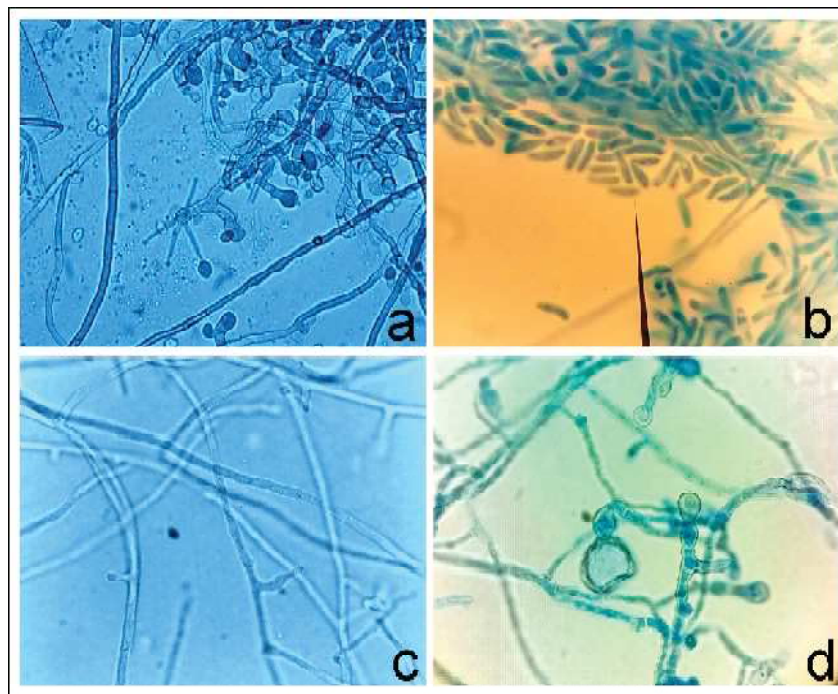


Figura 1. Endófitos aislados. a. *Ceratobasidium*; b. *Colletotrichum*; c. *Sclerotium*; d. *Tulasnella*.

Según Newton *et al.*, (24) las plantas interactúan con comunidades microbianas establecidas en la superficie y al interior de sus tejidos, constituyendo así un sistema complejo denominado microbioma que da lugar a interacciones positivas y negativas. Teniendo en cuenta dichas interacciones Porras- Alfaro y Bayman

(25) reportan que una característica de los microorganismos endófitos es la colonización asintomática del interior de los tejidos y su posterior establecimiento como mutualistas, comensalistas o en algunos casos patógenos o saprófitos, estos últimos causando patologías variadas en las plantas.

Riqueza de la micobiota endófito

Los géneros *Ceratobasidium* y *Tulasnella* fueron los endófitos que presentaron una mayor abundancia relativa ($>0,25$) con respecto a los demás géneros de endófitos (Figura 2).

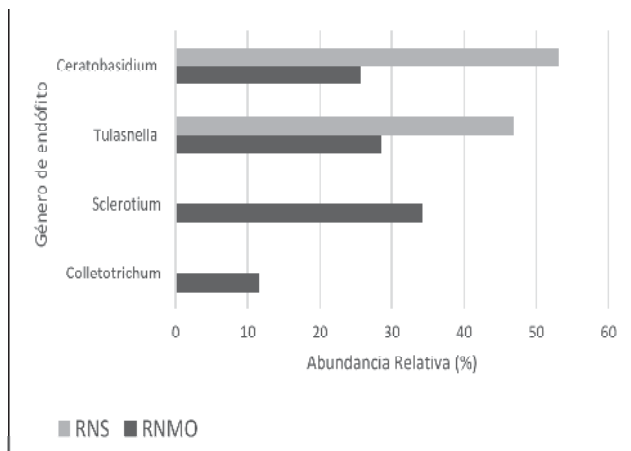


Figura 2. Abundancia relativa de endófitos. RNS (Reserva natural La Sonadora); RNMO (Reserva natural La Montaña del Ocaso).

Las abundancias relativas registradas muestran una diferencia en los géneros presentes en ambas zonas, por lo que la altitud podría ser considerada como un factor limitante de la distribución y posible asociación de estos hongos con orquídeas, especialmente los géneros *Sclerotium* y *Colletotrichum* los cuales estuvieron restringidos solo a la zona de la Reserva Natural La Sonadora (Figura 2). Giusiano *et al.*, (26) plantea que el desenvolvimiento de los hongos endófitos experimenta, asimismo, la influencia de los factores ecológicos, no sólo por ser ellos sensibles a dicha acción, sino también porque la receptividad de las plantas varía según cambian las condiciones del suelo, humedad, sequedad, altitud etc. probablemente la altitud a la cual se encuentran las orquídeas en la reserva natural La Montaña del Ocaso es un factor limitante para el establecimiento de algunos géneros de endófitos, ya sea por el cambio en la receptividad de las orquídeas o por presión ecológica.

El análisis de componentes principales agrupó las variables obtenidas de la abundancia relativa de los endófitos, la zona de muestreo y las especies de orquídeas (Figuras 3 y 4); explicando para el caso de la reserva natural la Montaña del Ocaso el 83,3% de la variabilidad de los datos (Figura 3), mientras que para la reserva natural La Sonadora el análisis explicó el 51,3% de la variabilidad de los datos (Figura 4).

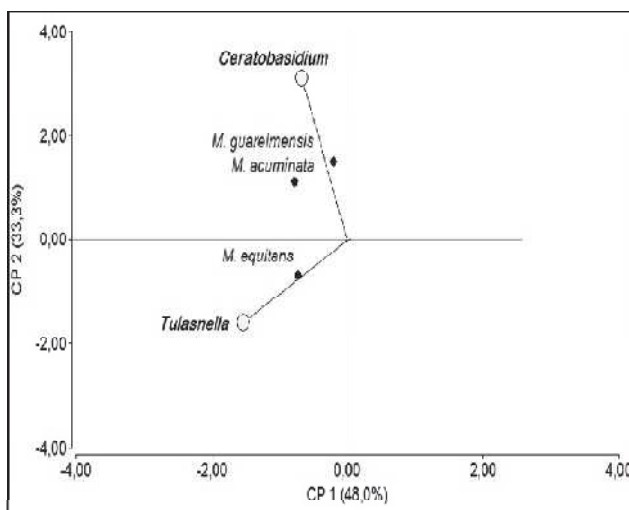


Figura 3. ACP géneros de endófitos-vs-especies de orquídeas en la reserva natural La Montaña del Ocaso.

Teniendo en cuenta el análisis de componentes principales para la reserva natural La Montaña del Ocaso (Figura 3), la incidencia de los géneros de endófitos aislados muestra que estos se encontraron distribuidos aleatoriamente, de tal manera que no se reportó preferencia o especificidad de endófitos por alguna especie en particular del género *Maxillaria*. En un estudio similar Ordoñez (21) menciona que en orquídeas no hay evidencia de hongos endófitos hospedero-específico. Los endófitos que fueron registrados tanto en este estudio como en otros, corresponden a géneros aislados en otras plantas y en casos específicos como *Ceratobasidium* y *Tulasnella* han sido relacionados con graves infecciones en otras plantas. Así mismo Bayman y Otero (4) en un estudio realizado con orquídeas terrestres y epífitas encontraron que las diferencias en la incidencia de géneros de endófitos pueden variar dependiendo del hábito, hábitat, forofito, entre otros aspectos relacionados con presiones ecológicas que limitan tanto la distribución del hongo como la incidencia del mismo en determinadas plantas.

El análisis de componentes principales para la reserva natural La Sonadora (Figura 4) la incidencia de endófitos en orquídeas muestra que tampoco se reporta preferencia o especificidad de endófitos por alguna especie de orquídea, excepto en *M. procurrens* que presentó aislados únicos correspondientes al género *Sclerotium* (Figura 4).

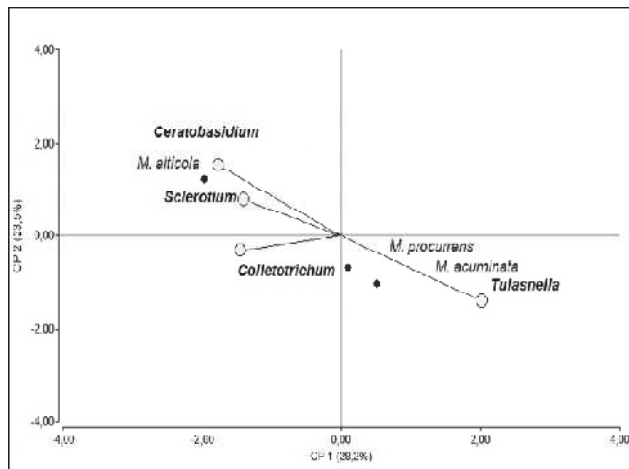


Figura 4. ACP géneros de endófitos-vs-especies de orquídeas en la reserva natural La Montaña del Ocaso.

Para Hadley y Williamson (27), Benzing (28) y Goh *et al.*, (29) la ausencia de endófitos en algunas raíces aéreas, así como la incidencia discontinua o aislados fúngicos únicos, también observada en otras especies, refuerza la importancia del papel del sustrato para el establecimiento del endófito. En las orquídeas terrestres la infección en las nuevas raíces ocurre rápidamente mediante propágulos existentes en el suelo o por raíces infectadas o muertas el año anterior (30); *M. procurrens* se caracteriza por presentar hábitos terrestres y encontrarse en grandes colonias con individuos que se regeneran constantemente, lo cual podría estar explicando la presencia de un solo género de hongo.

Los géneros *Ceratobasidium* y *Tulasnella* fueron aislados tanto en orquídeas terrestres como de orquídeas con hábito epífita, lo cual apoya la evidencia que las orquídeas epífitas están colonizadas por micorrizas de la misma manera que las orquídeas terrestres. Rivas, Warner y Bermúdez (31) reportaron que en la mayoría de especies epífitas la infección es necesaria para la germinación de las semillas, en su estudio utilizaron 12 especies tanto de orquídeas terrestres como epífitas; de la misma manera Suárez *et al.*, (2) utilizaron 20 especies epífitas de orquídeas y ambos estudios concluyeron que la mayoría de los individuos epífitos utilizados en sus investigaciones presentaron una densa colonización por hongos, similar a la encontrada en el presente estudio en los individuos con hábitos terrestres. Ambos géneros de endófitos pertenecientes al género-forma *Rhizoctonia*; han sido reportados

en Australia por Warcup y Talbot (32), Otero *et al.*, (33), Escocia por Warcup y Talbot (32), Puerto Rico por Otero *et al.*, (22, 33-36); Porras-Alfaro y Bayman, (25), y Colombia por Mosquera-Espinosa *et al.*, (37). Este género-forma es un patógeno de distribución mundial, asociado a enfermedades en plantas del género *Solanaceae* y es ampliamente conocido por las pérdidas que ocasiona, especialmente en la mayoría de las plantas anuales y perennes incluyendo casi todos los cultivos hortícolas que se desarrollan dentro o sobre el suelo (38).

El género *Sclerotium* se encuentra fuertemente relacionado con enfermedades asociadas a especies del género *Catleya*. Rivera-Coto y Corrales-Moreira (39) lo clasifican como agente causal de pudriciones en la raíz de orquídeas del género *Phalaenopsis* y en la base de la planta en *Spathoglottis*. En el presente estudio los aislados de este género provenían de plantas completamente saludables, por lo que *Sclerotium* al ser aislado en el 96% de las muestras radiculares podría estar cumpliendo un papel fundamental en el establecimiento de las orquídeas de la reserva natural La Sonadora.

Rasmussen y Whitham (40) argumentan que las fluctuaciones observadas en los endófitos, pueden estar influenciadas por eventos climáticos como la lluvia o la sequía. En éste caso según datos de la estación meteorológica La española (Quimbaya) los registros pluviométricos de antes y durante la colecta de ejemplares en la reserva natural La Montaña del Ocaso muestran una baja precipitación (Tabla 1), mientras que según datos de la estación meteorológica La Línea (Calarcá) en la reserva natural La Sonadora se registraron altas precipitaciones (Tabla 1) antes y durante la fase de muestreo de ejemplares, razón por la cual la diversidad de endófitos formadores de micorrizas en zonas geográficas o épocas del año con diferencias en variables altitudinales y climatológicas constituye un tema de enorme interés, el cual no ha sido estudiado. Rains *et al.*, (41) ha reportado que en plantas epífitas distintas de las orquídeas, que se asocian a micorriza arbuscular y ericoide, la diversidad micorrízica está directamente influenciada por el contenido de humedad en el sustrato orgánico o por la humedad atmosférica, siendo de gran importancia la presencia de musgos en los forófitos y la fertilidad de los suelos.

Tabla 1. Registro climatológico para ambas reservas. Fuente: Estaciones meteorológicas **CRQ** y **Proyecto Túnel de la Línea**.

Zona	Variable	Mes (2015)				
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
RNS*	Temperatura (°C)	10,3	11,6	10,5	11,6	10,3
	Humedad (%)	85	86	87	86	86
	Precipitación (mm)	248,6	340,2	232,4	173,5	171,7
RNMO**	Temperatura (°C)	24,3	25,6	24,1	25,7	24,7
	Humedad (%)	70	72	72	72	71
	Precipitación (mm)	9,6	25,1	49,2	27,3	55,4

*Reserva natural La Sonadora

**Reserva natural La Montaña del Ocaso

En conclusión a pesar de ser un trabajo basado solo en caracteres morfotaxonómicos, existen morfotipos del género forma-*Rhizoctonia* presentes en los hábitats estudiados. Los caracteres morfotaxonómicos coinciden con dos de los géneros Teleomorficos frecuentemente aislados en orquídeas terrestres y epifitas: *Ceratobasidium* y *Tulasnella*. También es importante resaltar que más de un morfotipo estuvo presente en una misma sección de raíz, como ha sido reportado por otros autores. Además que, en condiciones donde dos o más especies crecen relativamente cerca una de otra, es posible que compartan los mismos simbiontes fúngicos, esto hace hincapié, que más que una especificidad por especie haya una afinidad según el sitio.

Finalmente se hace necesario aumentar los estudios para conocer más a fondo estas interacciones, la importancia del papel que cumple en la fisiología tanto

de la planta hospedera como del endófito y su significancia funcional. Para posteriores investigaciones en endófitos de orquídeas se plantea la necesidad de: realizar una taxonomía filogenética de los microorganismos aislados, determinar los efectos fisiológicos y consecuencias de la eficiencia de estos sobre sus hospederos, así mismo, la interacción que se presenta con otros organismos endófitos asociados a las plantas. De esta forma, se podría determinar el potencial de estos hongos en el control de patógenos (fungicidas y bactericidas), resistencia al estrés, adquisición de nutrientes etc., haciendo más competitivos los cultivos.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen al grupo BIOEDUQ y al almacén de reactivos y materiales de la universidad del Quindío por el apoyo logístico, durante la realización de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sarmiento, J. (2007). La familia *Orchidaceae* en Colombia, *Actualidades biológicas*, 29 (1): 21-84.
2. Suárez, J. P., Weib, M., Abele, A., Garnica, S., Oberwinkler. (2006). Diverse tulasnelloid fungi form mycorrhizas with epiphytic orchids in an Andean cloud forest. *Mycol Res*, 110: 1257-1270.
3. Alexander, M. (1994). Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor, S.A. 491 p.
4. Bayman, P., y Otero, J. T. (2006). Microbial endophytes of orchid roots. En: Schulz B, Boyle C, Sieber T, editores. *Microbial root endophytes*. New York: Springer. p. 153-173.
5. Brundrett, M. C. (2006). Understanding the roles of multifunctional mycorrhizal and endophytic fungi. En: Schulz, B., Boyle, C. J., y Sieber, T. N. (eds.), *Microbial root endophytes*, 9: 281-298.
6. Stone, J. K., Bacon, C.W., y White, J. F. (2000). An overview of endophytic microbes: Endophytism defined. En: Bacon, C. D y White, J. F. (eds) *Mycrobia Endophytes*, 12: 3-29.
7. Smith, S.E., y Read, D.J. (1997). Mycorrhizal Symbiosis. *Academic Press*, London.
8. Rasmussen, H. N., y Whigham, D. F. (2002). Phenology of roots and mycorrhiza in orchid species differing in phototrophic strategy. *New Phytol*, 154: 797-807.
9. Cameron, D. D., Johnson, I., Leake, J. R., y Read, D. J. (2007). Mycorrhizal Acquisition of Inorganic Phosphorus by the Green-leaved Terrestrial Orchid *Goodyera repens*. *Annals of Botany*, 99: 831-834.
10. Tan, X. M., Chen, X. M., Wang, C. L., Jin, X. H., Cui, J. L., Chen, J., Guo, S. X., Zhao, L. F. (2012). Isolation and identification of endophytic fungi in roots of nine *Holcoglossum* plants (Orchidaceae) collected from Yunnan, Guangxi, and Hainan provinces of China. *Current Microbiology*, 64 (2): 140-147.
11. Schulz, B. y Boyle, C. (2006). What are endophytes? En: B. Schulz., Boyle, C. J., y Sieber, T. N. (eds.), *Microbial root endophytes*, 9: 1-13.
12. Bayman, P., Lebrón, L. L., Tremblay, R. L. y Longe, D. J. (1997). Variation in endophytic fungi from roots and leaves of *Lepanthes* (Orchidaceae). *New Phytologist*, 135: 143-149.
13. Viveros, P., Molina, J., y Vélez, C. (2001). Inventario de la familia *Orchidaceae* en la Selva “La Montaña del Ocaso”, Departamento del Quindío. *Monografías de la Flora Andina*, 3(1), 59-118.
14. Borsic, I. (2003). Contribution to the epiphytic orchid of the nature reserve “La Montaña del Ocaso” Quindio, Colombia.
15. Santa, N., García, T y Gómez, G. (2009). Estructura y composición de la comunidad de orquídeas en dos zonas de la Reserva Natural “La Montaña del Ocaso” Quimbaya-Quindío. *rev. invest. univ. Quindío*, (19): 122- 134.
16. López, A., Gómez, G., y Sepúlveda, M. (2009). *La sonadora: Ecosistema estratégico para la biodiversidad*. Armenia, Quindío: Universidad del Quindío.
17. Berrio, C. (2011). *Flora orquideológica de un relicto boscoso de alta montaña del departamento del Quindío* (Tesis de pregrado). Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología CIBUQ, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.
18. Bermúdez, D., y Benzing, D. H. (1989). Fungi in neotropical epiphyte roots. *BioSystems*, 23: 65-73.
19. Girlanda, M., Selosse, M. A., Cafasso, D., Brilli, F., Delfine, S., Fabbian, R., Ghignone, S., Pinelli, P., Segreto, R., Loreto, F., Cozzolino, S., y Perotto, S. (2006). Inefficient photosynthesis in the Mediterranean orchid *Limodorum abortivum* is mirrored by specific association to ectomycorrhizal Russulaceae. *Molecular Ecology*, 15: 491-504.
20. Otero, J. y Bayman, P. (2009). Germinación simbiótica y asimbiótica en semillas de orquídeas epifitas. *Acta Agronomica*, 58(4), 270-276.
21. Ordoñez, N. F. (2012). *Efecto de hongos endófitos de orquídeas del grupo Rhizoctonia y otros endófitos cultivables sobre el desarrollo de plantas de Vanilla planifolia J.* (Tesis de grado) Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Maestría en Bosques y Conservación Ambiental.
22. Otero J., Ackerman J. y Bayman P. (2002). Diversity and host specificity of endophytic *Rhizoctonia*-like fungi from tropical orchids. *American Journal of Botany*, 89 (1), 1852-1858.
23. Barnett, H., y Hunter, B. (2003). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Minnesota: Prentice-Hall.

24. Newton, A., Fitt, B., Atkins, S., Walters, D., y Daniell, T. (2010). Pathogenesis, parasitism and mutualism in the trophic space of microbe-plant interactions. *Trends in Microbiology*, 18 (8): 365-373.
25. Porras-Alfaro, A. y Bayman, P. (2011). Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Annual Review of Phytopathology*, 49: 291-315.
26. Giusiano, G., Piontelli L., Mangiaterra, E., y Sosa, M. (2002). Distribución altitudinal de hongos que-ratinófilos, epífitos y endófitos en suelos semiáridos del noreste argentino (Prov. de Jujuy, 23°L. S y 66°L. W). *Biol. Micol.* 17: 51-62.
27. Hadley, G. y Williamson B. (1972). Features of mycorrhizal infection in some Malayan orchids. *New Phytol.* 71: 1111-1118.
28. Benzing, D. H. (1982) Mycorrhizal infection of epiphytic orchids in southern Florida. *Amer Orchid Soc Bull*, 51: 618-622.
29. Goh, C. J., Sim, A. A., y Lim, G. (1992). Mycorrhizal associations in some tropical orchids. *Lindleyana* 7:13-17.
30. Bridge, W. C. (1979). The ecology of fungi. CRC, Boca Raton, Florida, p.187-190.
31. Rivas, R. M., Warmer, J., y Bermúdez, M. (1998). Presencia de micorrizas en orquídeas de un jardín botánico neotropical. *Rev Biol Trop*, 46: 211-216.
32. Warcup, J. H. y Talbot, P. (1967). Perfect estates of Rhizoctonias associated with orchids. *New Phytologist*, 66: 631-641.
33. Otero, J. T., Thrall, P. H., Clements, M., Burdon, J.J., y Miller, J.T. (2011). Codiversification of orchids (Pterostylidinae) and their associated mycorrhizal fungi. *Australian Journal of Botany* 59(5): 480-497.
34. Otero J., Ackerman J. y Bayman P. (2004). Differences in mycorrhizal preferences between two tropical orchids. *Molecular Ecology*, 13(1), 2393-2404.
35. Otero J., Ackerman J. y Bayman P. (2005). Individual variation in plant and fungus for mycorrhizal seed germination in an epiphytic orchid. *Evolutionary Ecology*, 19(1), 29-43.
36. Otero J. T., Flanagan, N. S., Herre, E. A., Ackerman J. D. y Bayman, P. (2007). Widespread mycorrhizal specificity correlates to mycorrhizal function in the neotropical, epiphytic orchid, *Ionopsis utricularioides*. *American Journal of Botany*, 94: 1944-1950.
37. Mosquera-Espinosa, A., Bayman, P., y Tupac, J. (2010). *Ceratobasidium* como hongo micorrízico de orquídeas en Colombia. *Acta Agronomica*, 59(3), 316 – 326.
38. Sharon, M., Kuninaga, S., Hyakumachi, M., y Sneh, B. (2006). The advancing identification and classification of Rhizoctonia spp. Using molecular and biotechnological methods compared with the classical anatomosis grouping. *Mycoscience*, 47: 299-316.
39. Rivera-Coto, G., y Corrales-Moreira, G. (2007). Problemas fitosanitarios que amenazan la conservación de las orquídeas en costa rica. *Lankesteriana*, 7(1-2): 347-352.
40. Rasmussen, H. N., y Whigham, D. F. (2002). Phenology of roots and mycorrhiza in orchid species differing in phototrophic strategy. *New Phytol*, 154: 797-807.
41. Rains, K.C., Nadkarni, N. M., y Bledsoe, C. S. (2003). Epiphytic and terrestrial mycorrhizas in a lower montane Costa Rican cloud forest. *Mycorrhiza*, 13: 257-264.

ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE NÚMEROS DECIMALES Y SUS OPERACIONES DESDE LAS ETAPAS REAL O CONCRETA, GRÁFICA Y SIMBÓLICA

CONCEPT TEACHING DECIMAL NUMBERS AND OPERATIONS FROM THE REAL STAGES OR CONCRETE, GRAPHICS AND SYMBOLIC



Graciela Wagner O.¹, Heiller Gutiérrez Z.², Liliana Patricia Ospina M.³

¹. Docente Universidad del Quindío. E-mail: gwagner@uniquindio.edu.co

². Docente Universidad del Quindío. E-mail: hgutierrez@uniquindio.edu.co

³. Docente Universidad del Quindío. E-mail: lpospina@uniquindio.edu.co

Recibido: 20 Noviembre de 2015

Aceptado: 8 Marzo de 2016

*Correspondencia del autor: Graciela Wagner O. E-mail: gwagner@uniquindio.edu.co

RESUMEN

Este artículo es el resultado de una investigación¹ realizada por docentes pertenecientes al Grupo de Investigación en Educación Matemática de la Universidad del Quindío (GEMAUQ), que se fundamentó en la comprensión del campo conceptual de las operaciones con números decimales, en el manejo de los instrumentos del conocimiento y en la ejecución de las operaciones intelectuales, con estudiantes de grado sexto. El trabajo de investigación propende por el desarrollo mental del estudiante en el aspecto matemático de las operaciones con números decimales, y el desarrollo de los procesos que involucran la construcción del conocimiento matemático. El objetivo de la investigación fue diseñar e implementar una estrategia didáctica desde las etapas real o concreta, gráfica y simbólica, que contribuya al Desarrollo del pensamiento matemático en el campo conceptual de las operaciones con números decimales en los estudiantes del grado sexto de las Instituciones educativas oficiales del departamento del Quindío. La estrategia didáctica se desarrolló a través de tres etapas: la real o concreta, la gráfica y la simbólica. La etapa real consiste en la manipulación de material concreto donde los estudiantes tienen la experiencia física conducente a adquirir habilidades; es decir se actúa sobre objetos para obtener un conocimiento por abstracción a partir de estos mismos objetos. En la etapa gráfica los estudiantes representan a través de figuras los temas trabajados en la etapa real o concreta. En la etapa simbólica se busca que los estudiantes representen simbólicamente los temas conceptualizados. Por último los estudiantes se enfrentan a situaciones problemáticas donde después de haber conceptualizado dan solución matemática a la situación presentada. Con la estrategia planteada en la investigación desde las tres etapas se logró que los estudiantes alcanzaran un desarrollo de pensamiento y la apropiación del concepto de números decimales y sus operaciones.

Palabras claves: Números Decimales, Campo Conceptual, Estrategia Didáctica, Desarrollo de Pensamiento.

¹Proyecto de investigación: "Desarrollo del Pensamiento Matemático en el Campo Conceptual de las Operaciones con Números Decimales", desarrollado por docentes perteneciente al Grupo de Investigación en Educación Matemática de la Universidad del Quindío (GEMAUQ)

ABSTRACT

This article is the result of an investigation conducted by teachers belonging to the Group for Research in Mathematics Education at the University of Quindío (GEMAUQ), which was based on the understanding of the conceptual field operations with decimals, in handling instruments knowledge and execution of intellectual operations, with sixth grade students. The research aims for the mental development of the student in the mathematical aspect of operations with decimal numbers, and the development of processes involving the construction of mathematical knowledge. The target of the research was to design and implement an educational strategy from the real or concrete, graphic and symbolic step that contributes to the development of mathematical thinking in the conceptual field of operations with decimal numbers in the sixth grade students of educational institutions Quindío department officials. The teaching strategy was developed through three stages: the real or concrete, graphic and symbolic. The actual stage involves the manipulation of concrete material where students have the physical experience conducive to acquire skills; that is, it acts on objects for knowledge by abstraction from these same objects. In the graphic stage students through figures represent the issues discussed in real or concrete stage. In the symbolic stage it is intended that students symbolically represent conceptualized issues. Finally students face situations problems after conceptualized give mathematical solution to the situation presented. With the strategy set out in the investigation from the three stages it was achieved that students reach a development of thought and the appropriation of the concept of decimal numbers and operations.

Keywords: Decimal numbers, conceptual field, educational strategy, development of thinking

INTRODUCCIÓN

El proyecto Desarrollo del Pensamiento Matemático se fundamenta en la comprensión del campo conceptual de las operaciones con números decimales, en el manejo de los instrumentos del conocimiento y con ello en la ejecución de las operaciones intelectuales, en los Estudiantes del grado sexto.

La educación actual requiere de personas con capacidad crítica, analítica, reflexiva y esto se logra a través del desarrollo del pensamiento. Una persona con un desarrollo intelectual alto está capacitada para interpretar, argumentar, proponer, plantear y resolver problemas en diferentes contextos, por tanto para la adquisición del sentido numérico es necesario proporcionar situaciones significativas para los estudiantes.

El trabajo de investigación que se plantea propende por el desarrollo del pensamiento matemático del estudiante en las operaciones con números decimales, evidenciado por su capacidad de relación, de análisis, de comprensión, de procesos, de abstracción, de síntesis, de generalización y en el desarrollo de los procesos que involucran la construcción del conocimiento matemático.

En la investigación desarrollada se utilizaron como

referentes teóricos los conceptos propios de la aritmética, la geometría, abordados desde los conceptos previos², las etapas –real o concreta, gráfica y simbólica, y la resolución de problemas que apuntan a despertar en los estudiantes el interés por los temas abordados, mostrar la pertinencia y aplicación de los conceptos en el contexto, lograr que los estudiantes progresen en su forma de razonar y analizar los temas objeto de estudio, con el fin de que desarrollen pensamiento matemático.

METODOLOGÍA

Se realizó una investigación de tipo experimental, además exploratoria por cuanto se inicia la implementación de una estrategia didáctica que sirva de ayuda a los estudiantes en las dificultades encontradas al abordar las operaciones con números decimales y reconocer hasta dónde la estrategia permite comprender con mayor claridad la temática tratada. Esta estrategia fue validada en:

- Dos proyectos de investigación anteriores, “Desarrollo del pensamiento matemático en el campo conceptual de la suma de números racionales (año 2007)” y “Desarrollo del pensamiento matemático

² Según Ausubel (1983) el aprendizaje debe ser significativo, no memorístico, y para ello los nuevos conocimientos deben relacionarse con los saberes previos que posea el aprendiz.

co en el campo conceptual de la multiplicación de números racionales (año 2008)” cuyas temáticas guardan estrecha relación con el tema de este artículo. Estos proyectos fueron desarrollados por integrantes del grupo GEMAUQ

- Cursos de perfeccionamiento docente, orientados por integrantes del grupo GEMAUQ a los docentes de las secretarías de Educación Municipal de Armenia y Departamental del Quindío.
- Trabajo de grado orientado por la docente Lilia Patricia Ospina Marulanda a los estudiantes de Licenciatura en Matemáticas Luis Fernando Vasquez Díaz y Freddy Alexander Cubides Castro, denominado: “Estrategia didáctica de enseñanza orientada desde las fases concreta, gráfica y simbólica para el aprendizaje significativo del concepto de potenciación con números naturales”.

La estrategia didáctica se desarrolló a través de tres etapas: la real o concreta, la gráfica y la simbólica. La etapa real consiste en la manipulación de material concreto donde los estudiantes tienen la experiencia física conducente a adquirir habilidades; es decir se actúa sobre objetos para obtener un conocimiento por abstracción a partir de estos mismos objetos. según Ausubel (1983) citado por Woolfolk (1986, pag. 291):

Se necesita que los estudiantes manipulen ideas mentalmente, aunque sean muy simples y basadas en relaciones físicas como objetos; es importante también que los estudiantes representen en figuras o gráficos las experiencias con material concreto, y posteriormente trabajen la parte simbólica.

En la etapa gráfica los estudiantes representan a través de figuras los temas trabajados en la etapa real o concreta. Según López (2005):

Se hace necesario buscar vías alternativas para la presentación de los contenidos a partir de situaciones y actividades que representen un sentido significativo para el estudiante; estos permitirán generar conjeturas, analizarlas con sus compañeros y poner en juego de manera consciente los conocimientos adquiridos con anterioridad.

En la etapa simbólica se busca que los estudiantes representen simbólicamente los temas conceptualizados. Al respecto Godino (2004) afirma que:

Existen representaciones mentales, conjunto de

imágenes, conceptos, nociones, ideas, creencias, concepciones que un individuo puede tener sobre un objeto, sobre una situación y sobre aquello que les está asociado. "Permiten una mirada del objeto en ausencia total de significante perceptible". Las representaciones mentales están ligadas a la interiorización de representaciones externas, de la misma manera que las imágenes mentales lo están a una interiorización de los preceptos.

Por último los estudiantes se enfrentan a situaciones problemáticas donde después de haber conceptualizado dan solución matemática a la situación presentada. Según Godino (2004):

En la resolución de problemas matemáticos, los estudiantes deberán adquirir modos de pensamiento adecuados, hábitos de persistencia, curiosidad y confianza ante situaciones no familiares que les serán útiles fuera de la clase de matemáticas. Incluso en la vida diaria y profesional es importante ser un buen resolutor de problemas. Cuando los estudiantes pueden conectar las ideas matemáticas entre sí, con las aplicaciones a otras áreas, y en contextos de su propio interés, la comprensión matemática es más profunda y duradera. Se puede postular que sin conexión no hay comprensión, o ésta comprensión es débil y deficiente. Mediante una instrucción que enfatiza las interrelaciones entre las ideas matemáticas, los estudiantes no sólo aprenden matemáticas, sino que también aprecian la utilidad de las matemáticas.

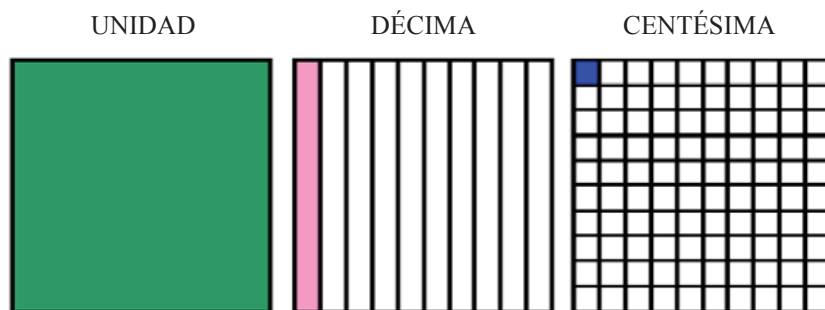
La población objeto de estudio se definió por los grupos de sexto grado de Instituciones Educativas del Departamento del Quindío, la muestra fue de 6 colegios oficiales, correspondientes a los municipios: Armenia, Calarcá, Montenegro, Circasia, Tebaida y Córdoba. Se indagó a los docentes de grado sexto de dichas instituciones qué tipo de estrategias utilizan en la enseñanza de las operaciones con números decimales; posteriormente se seleccionó el grupo experimental y el grupo control en las seis Instituciones Educativas escogidas en la muestra; se diseñó y se aplicó al grupo control y al grupo experimental el pre-test el cual consta de un cuestionario de 14 preguntas algunas de selección múltiple con única respuesta y otras de respuesta abierta, para conocer los conceptos previos que tenían los estudiantes acerca de los números decimales, las operaciones entre ellos y problemas de aplicación. Se calificaron los cuestionarios

se procesaron los resultados en el paquete estadístico statgraphics y se analizaron los resultados con el fin de establecer condiciones de homogeneidad en los grupos objeto de investigación. Es importante tener en cuenta que los grupos que ingresaron tenían condiciones homogéneas en términos de los presupuestos teóricos con que contaban al inicio de la ejecución del proyecto de investigación, para tener mayor eficiencia en las pruebas y actividades que se realizaron para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación.

Las etapas que se desarrollaron en la investigación fueron las siguientes:

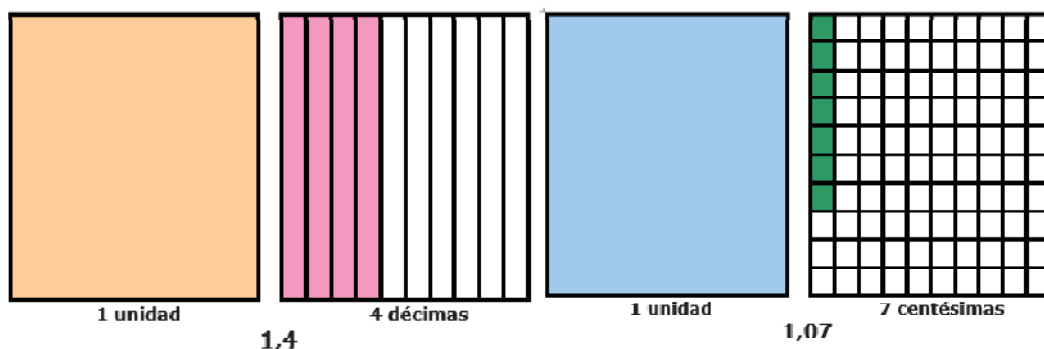
1. Indagar con profesores de básica secundaria qué tipo de estrategias utilizan en la enseñanza de las operaciones con números decimales.
2. Definición del grupo experimental y el grupo control.
3. Aplicar al grupo control y al grupo experimental el pre-test para conocer los conceptos previos que tienen los estudiantes acerca de las operaciones con números decimales, el cual fue calificado con una escala de (0-5)
4. Establecer las condiciones de homogeneidad en los grupos objeto de la investigación.
5. Desarrollar en el grupo control, el tema de las operaciones con números decimales, siguiendo el modelo tradicional.
6. Implementar en el grupo experimental las estrategias didácticas aplicadas sobre la base del desarrollo del pensamiento matemático en la comprensión de las operaciones con números decimales.
7. Hacer seguimiento continuo de los avances y logros alcanzados por cada uno de los implicados en el proyecto (profesores, estudiantes).
8. Comparar los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica y los resultados finales de la implementación, mediante un pos-test que involucre problemas de aplicación de las operaciones con números decimales.
9. Aplicar la prueba t-student para establecer las diferencias entre los grupos comparados.
10. Tabulación e interpretación de los resultados obtenidos.
11. Discusión.
12. Conclusiones.

Para el desarrollo de la estrategia se utilizó el material descrito a continuación, construido por los estudiantes en hojas cuadriculadas.



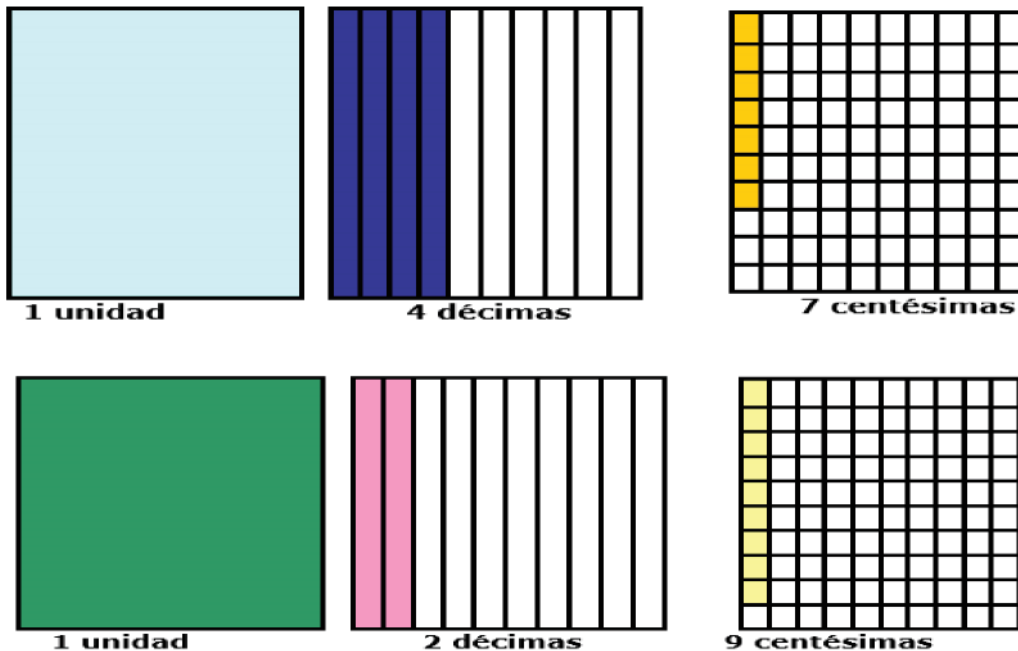
Posteriormente, utilizando el material, se implementaron los conceptos propuestos a través de las siguientes actividades:

- **Representación gráfica y relaciones de orden:** Para esta actividad se representan los números decimales y se ordenan de mayor a menor.

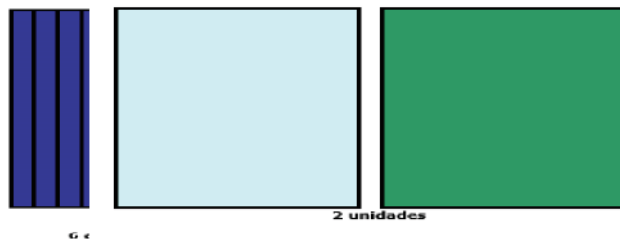


Graficamente se observa que: $1,07 < 1,4$

- **Adición de números decimales:** Se trabajó el tema de adición de números decimales en forma concreta o gráfica y posteriormente en forma simbólica. Por ejemplo se representan los números 1,47 y 1,29.



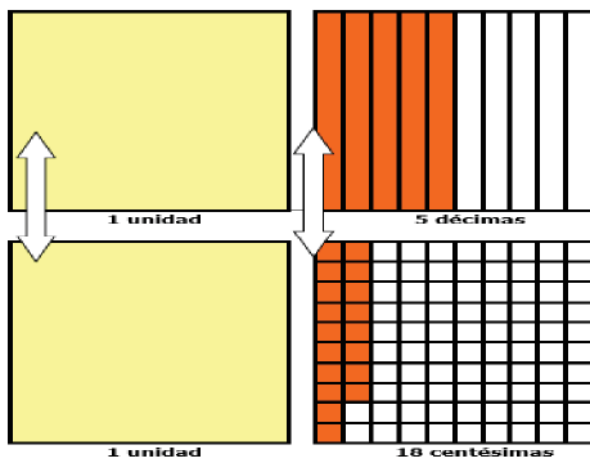
Y se realiza la suma gráficamente:



Posteriormente se hace la suma en forma simbólica:

$$\begin{array}{r} 1,47 \\ + 1,29 \\ \hline 2,76 \end{array}$$

- **Diferencia de números decimales:** Se orientó la sustracción de números decimales en forma gráfica y posteriormente en forma simbólica. Por ejemplo se representan el número 1,5 y 1,18.



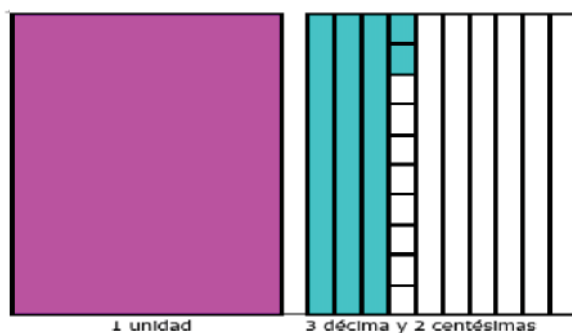
Y se realiza la diferencia gráficamente:



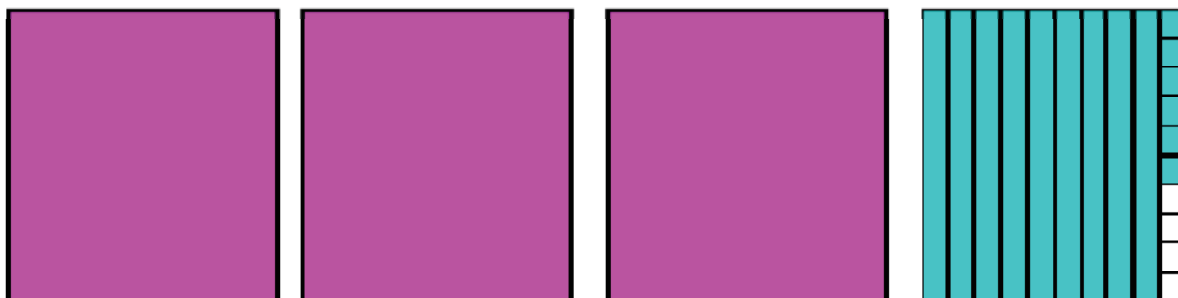
Seguidamente, se realiza la diferencia en forma simbólica:

$$\begin{array}{r} 1,50 \\ - 1,18 \\ \hline 0,32 \end{array}$$

- **Multiplicación de números decimales:** se trabajó el concepto de multiplicación de números decimales en forma gráfica y posteriormente en forma simbólica. Para ello, por ejemplo se efectuó gráficamente la multiplicación $1,32 \times 3$. Inicialmente se representa 1,32



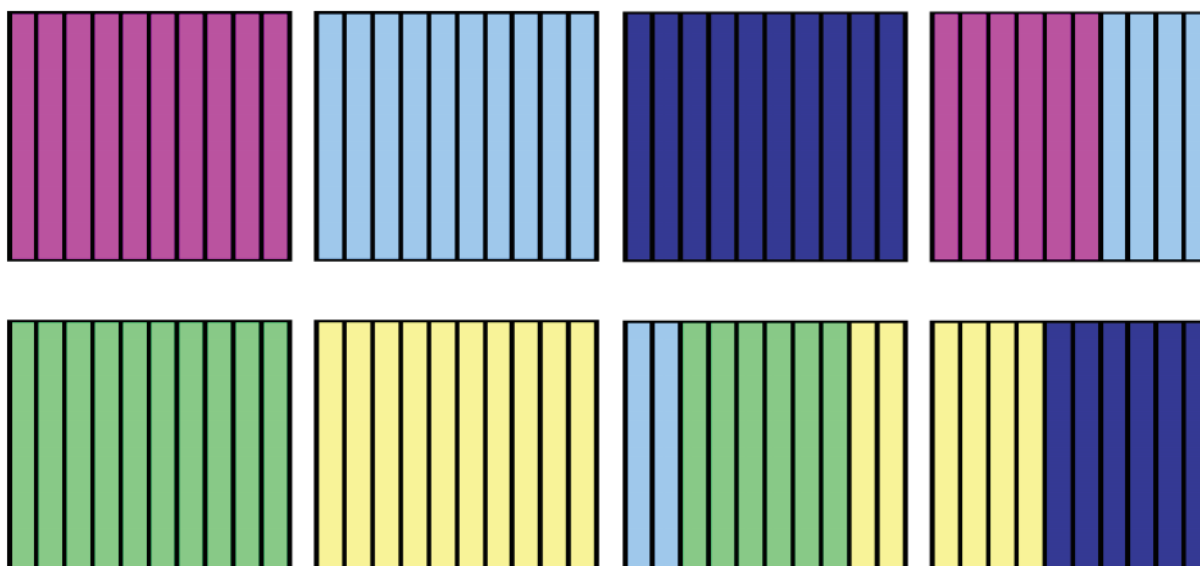
Al multiplicar $1,32 \times 3$ se obtuvo 3 unidades, 9 décimas y 6 centésimas



Luego se realizó la multiplicación en forma simbólica:

$$\begin{array}{r} 1,32 \\ \times 3 \\ \hline 3,96 \end{array}$$

- **División de números decimales:** Se enseñó a dividir números decimales en forma gráfica y posteriormente en forma simbólica. Por ejemplo para hacer la división $8 \div 1,6$, se representa 8 unidades y posteriormente se divide en partes de 1,6.



Al dividir 8 entre 1,6 se obtienen 5 representaciones de una unidad y 6 décimas.

Luego se realizó división en forma simbólica:

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 1,6} \\ \underline{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 80 \overline{) 16} \\ \underline{0} \end{array}$$

- **Problemas de aplicación:** se trabajaron diferentes problemas donde se involucraran las cuatro operaciones con números decimales. A continuación se muestra un ejemplo.

PRODUCTO	PRECIO NORMAL	DESCUENTO	TOTAL
	\$ 60500,5	\$ 805,43	
	\$77345,2		\$85900,45
	\$34800,2		Mitad de precio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar el tamaño de la muestra se tuvo en cuenta que en el departamento del Quindío hay 86 instituciones oficiales y aplicando la siguiente fórmula se obtuvo:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{Z^2 \sigma^2 N + (N - 1) e^2} = \frac{1.96^2 * 0.25 * 86}{(1.96^2) * 0.25 + (85)^2} = 5.67 \approx 6$$

Con un nivel de confianza del 95% y un error de muestreo de 0.4, se trabajó con 6 colegios oficiales del departamento del Quindío, en cada colegio se seleccionó el grupo control y el grupo experimental.

Se aplicó el pretest a los estudiantes de cada grupo, luego se desarrolló la estrategia didáctica en el grupo experimental y la estrategia tradicional en el grupo control y por último se aplicó el posttest a cada grupo. Para el análisis de estos resultados se utilizó como apoyo el paquete estadístico Statgraphics, en el que se aplicó la prueba t- student para comparar dos muestras de donde se obtienen los resultados para diagnosticar a través de un pretest el estado real de los estudiantes del grado sexto de las instituciones educativas oficiales del departamento del Quindío, en lo relacionado con las operaciones con números decimales y comparar el nivel de conocimiento alcanzado por los estudiantes después del desarrollo de la estrategia didáctica.

A continuación se presentan los estadísticos utilizados en las pruebas

MEDIA ARITMÉTICA	PRETEST	POSTEST
GRUPO CONTROL	1.39	1.96
GRUPO EXPERIMENTAL	1.51	2.54
MEDIANA	PRETEST	POSTEST
GRUPO CONTROL	1.11	1.83
GRUPO EXPERIMENTAL	1.41	2.38

RESULTADOS PRUEBA t-STUDENT PARA COMPARAR LAS MEDIAS

PRETEST EXPERIMENTAL-PRETEST CONTROL	0,197915	NO SIGNIFICATIVO
PRETEST CONTROL-POSTEST CONTROL	3,125E-08	SIGNIFICATIVO
PRETEST EXPERIMENTAL-POSTEST EXPERIMENTAL	0	SIGNIFICATIVO
POSTEST EXPERIMENTAL-POSTEST CONTROL	1,917E-09	SIGNIFICATIVO

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD

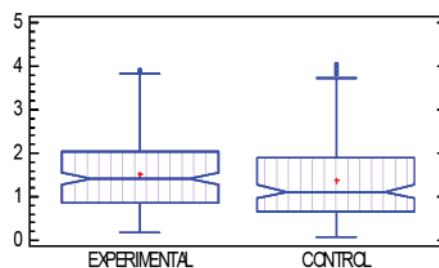


Figura 1.

En el diagrama de cajas se observa la homogeneidad de los resultados del pre-test. El 50% de los estudiantes del grupo control obtuvo notas por debajo del 1.25 y 50% de los estudiantes del grupo experimental obtuvo notas por debajo del 1.08; así mismo, se observa la homogeneidad de los resultados del pre-test. El 50% de los estudiantes del grupo control obtuvo notas por debajo del 1.11 y 50% de los estudiantes del grupo experimental obtuvo notas por debajo del 1.41.

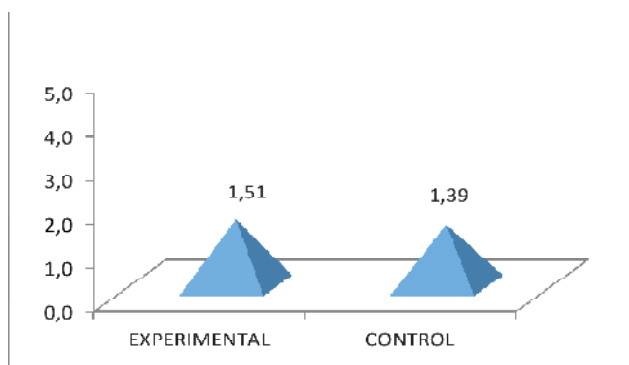


Figura 2: Comparación promedios pretest

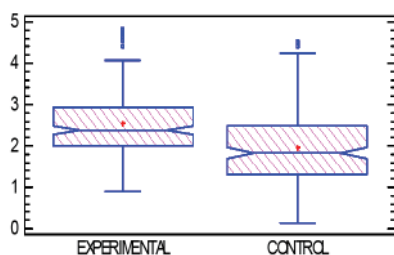


Figura 3

En el diagrama de cajas se observa la heterogeneidad de los resultados del posttest en el grupo control y en el grupo experimental. El 50% de los estudiantes del grupo control obtuvo notas por debajo del 2.21 y 50% de los estudiantes del grupo experimental obtuvo notas por debajo del 3.19.

En el diagrama de cajas observa la heterogeneidad de los resultados del posttest. El 50% de los estudiantes del grupo control obtuvo notas por debajo del 1.83 y 50% de los estudiantes del grupo experimental obtuvo notas por debajo del 2.38.

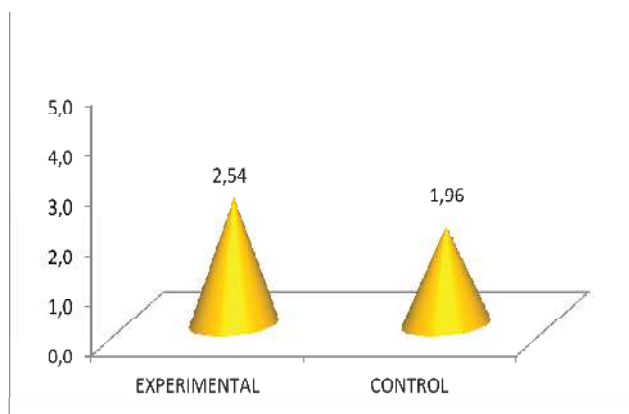


Figura 4: Comparación promedios del posttest

En la prueba t-student realizada para comparar los resultados del posttest del grupo experimental y del grupo control se observa que a un nivel de confianza del 95%, existe diferencia significativa entre los promedios de los grupos.

DISCUSIÓN

Como se evidencia en el análisis estadístico, los estudiantes del grupo control³ tuvieron algunos avances con respecto a su desempeño en el posttest, pero no en la misma medida que los estudiantes del grupo experimental. Esto indica que a los estudiantes de grupo control les faltó mayor comprensión de los temas, lo que limitó su desempeño. Por otro lado los estudiantes manifestaron una actitud de memorizar la información. Según Moreno y Ríos (2006), algunos docentes limitan su acción educativa a repetir los conceptos matemáticos tal como aparecen en los libros de texto o en la misma forma en que le fueron enseñados, reduciendo sus clases a una algoritmización de los conceptos matemáticos que los estudiantes contemplan, memorizan y repiten en los exámenes. Así mismo Ausubel (1983, p. 37) plantea que el aprendizaje repetitivo, contrariamente al aprendizaje significativo, se produce cuando se hacen asociaciones arbitrarias, al pie de la letra, el estudiante manifiesta una actitud de memorizar la información, el estudiante no tiene conocimientos previos pertinentes o no los “encuentra”, es decir no existen subsunsores adecuados, de tal forma que la nueva información es almacenada arbitrariamente, sin interactuar con conocimientos pre-existentes, esta nueva información es incorporada a la estructura cognitiva de manera literal

³ En el grupo control, se desarrolló el tema de las operaciones con números decimales, siguiendo el modelo tradicional, la cual fue dirigida por el docente titular

y arbitraria puesto que consta de puras asociaciones arbitrarias, "el estudiante carece de conocimientos previos relevantes y necesarios para hacer que la tarea de aprendizaje sea potencialmente significativo" (independientemente de la cantidad de significado potencial que la tarea tenga).

En la resolución de problemas se evidenció que los estudiantes de ambos grupos tenían dificultades en la comprensión lectora, ya que no identificaban claramente las operaciones que debían realizar para resolver el problema, lo que conllevó a resultados incorrectos. Aunque el grupo experimental, al cual se le aplicó la estrategia didáctica orientada desde las etapas real o concreta, gráfica y simbólica, obtuvo mejores resultados con respecto al grupo control. Según Guerrero (2005):

Buena parte de los errores en la resolución de problemas, lo constituye la dificultad de comprensión lectora e interpretación de situaciones por parte del alumno. Es usual pretender facilitar todo al

alumno, disminuyendo su esfuerzo y por ende su aprendizaje. Al contrario de lo que se debería pensar, el hecho de presentar un problema donde se requiera un esfuerzo adicional y la inversión extra de tiempo, no produce tales efectos en el alumno, esto por falta de hábitos en esforzarse para conseguir sus propias metas y por falta de motivación externa en la mayoría de los casos. El desarrollo de habilidades, destrezas y agilidad mental debe ser planteado como elemento dinamizador y fundamental de la actividad docente y de la motivación del alumno, tanto en matemáticas, como en todas las asignaturas.

A continuación se muestra el ejemplo de un estudiante que en el pretest resolvió en forma incorrecta los cuatro problemas de aplicación por falta de comprensión lectora, ya que no identificaba adecuadamente las operaciones a realizar en cada problema, además de realizar mal las operaciones propuestas y en el posttest sólo resolvió bien el problema 13, realizando en forma adecuada la división, se sigue presentando dificultad en la comprensión lectora.

DESEMPEÑO EN EL PRETEST	DESEMPEÑO EN EL POSTEST
11. La altura de una persona es 1,65 m. Si la altura de una torre es 23 veces la altura de la persona menos 1,75 m, cuál es la altura de la torre? 12. Un parque rectangular tiene de largo 18,7 m y de ancho 15,5 m, cuál es el área del parque? ¿cuánto alambre se necesita para cercar el parque? 13. Helio tiene un perro que come 43,75 kg de concentrado en la semana, si cada día come la misma cantidad ¿cuánto concentrado comió el perro diario? 14. En una carrera, la persona que llegó en el primer lugar empleó 25,6 minutos y el que ocupó la quinta posición empleó un tiempo de 33,56 minutos. ¿qué tiempo empleó demás el que ocupó la quinta posición? 11 = $\begin{array}{r} 165 \\ + 175 \\ \hline 340 \end{array}$ R/ la altura de la torre sería de 340 metros. 12 = $\begin{array}{r} 18,7 \\ + 15,5 \\ \hline 34,2 \end{array}$ R/ el perímetro del parque es de 34,2 metros. 13 = $\begin{array}{r} 43,75 \\ \div 7 \\ \hline 6,25 \end{array}$ R/ diariamente come 6,25 kg. 14 = $\begin{array}{r} 25,6 \\ + 33,56 \\ \hline 59,16 \end{array}$ R/ 59,16 empleó.	11. La altura de una persona es 1,65 m. Si la altura de una torre es 23 veces la altura de la persona menos 1,75 m, cuál es la altura de la torre? 12. Un parque rectangular tiene de largo 18,7 m y de ancho 15,5 m, cuál es el área del parque? ¿cuánto alambre se necesita para cercar el parque? 13. Helio tiene un perro que come 43,75 kg de concentrado en la semana, si cada día come la misma cantidad ¿cuánto concentrado comió el perro diario? 14. En una carrera, la persona que llegó en el primer lugar empleó 25,6 minutos y el que ocupó la quinta posición empleó un tiempo de 33,56 minutos. ¿qué tiempo empleó demás el que ocupó la quinta posición? 11 = $\begin{array}{r} 165 \\ + 175 \\ \hline 340 \end{array}$ R/ la altura de la torre es de 340 metros. 12 = $\begin{array}{r} 18,7 \\ + 15,5 \\ \hline 34,2 \end{array}$ R/ el área del parque es de 34,2 y se necesitan 34,2 m de alambre. 13 = $\begin{array}{r} 43,75 \\ \div 7 \\ \hline 6,25 \end{array}$ R/ diario se come 6,25 kg. 14 = $\begin{array}{r} 25,6 \\ + 33,56 \\ \hline 59,16 \end{array}$ R/ el tiempo que empleó fue de 59,16.

Finalmente, al hacer la comparación del desempeño de los estudiantes de ambos grupos en el concepto de número decimal, relaciones de orden y operaciones con números decimales, se evidencia que los estudiantes del grupo experimental mostraron un mayor nivel de conceptualización que los estudiantes del grupo control, lo que indica que la estrategia didáctica desde las etapas real o concreta, gráfica y simbólica fue más eficaz, al lograr mejorar el desarrollo del pensamiento matemático.

CONCLUSIONES

A través de la implementación de la estrategia didáctica orientada desde las etapas real o concreta, gráfica y simbólica, en el campo conceptual de las operaciones con números decimales, se alcanzó el objetivo planteado en la investigación, puesto que se trabajó por etapas de pensamiento (inductivo, deductivo y resolución de problemas) que permitieron evidenciar el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes y determinar el nivel de comprensión que alcanzaron, medidos a través de preguntas que involucraban las diferentes etapas de la estrategia y a la forma como se enfrentaban a las diferentes actividades propuestas, manifestando con esto la coherencia entre el manejo de conceptos y sus operaciones mentales.

Con la utilización de la estrategia didáctica orientada desde las etapas real o concreta, gráfica y simbólica, se logró que se comprendieran con mayor claridad las temáticas tratadas en el campo conceptual de las operaciones con números decimales en los estudiantes de los grupos experimentales, lo cual se comprobó al comparar los resultados de los pretest y posttest aplicados en ambos grupos.

El desarrollo de los temas por etapas en los grupos experimentales, permitió promover en los estudiantes el razonamiento inductivo y deductivo y la resolución de problemas y a su vez determinar el nivel de comprensión que alcanzaron, de acuerdo a la forma como se enfrentaban a las situaciones que se les presentaban. Esto se evidenció en las preguntas 11, 12, 13 y 14 del pretest y posttest, en que los estudiantes debían leer en forma comprensiva los problemas para identificar la información suministrada y las operaciones requeridas para dar respuesta a las preguntas. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- En la pregunta 11 el 7,74% de los estudiantes del grupo experimental obtuvieron un desempeño satisfactorio en el pretest y el 25,16% en el posttest.
- En la pregunta 12 el 2,59% de los estudiantes del grupo experimental obtuvieron un desempeño satisfactorio en el pretest y el 21,39% en el posttest.
- En la pregunta 13 el 5,81% de los estudiantes del grupo experimental obtuvieron un desempeño satisfactorio en el pretest y el 16,13% en el posttest.
- En la pregunta 14 el 3,87% de los estudiantes del grupo experimental obtuvieron un desempeño satisfactorio en el pretest y el 14,19% en el posttest.

La estrategia desde lo real o concreto, lo gráfico y lo simbólico logró generar impacto en el aprendizaje de los estudiantes, ya que comprendieron los temas con mayor claridad, y permitió superar las dificultades encontradas en los estudiantes, los cuales alcanzaron una mayor comprensión de los conceptos y desarrollo del pensamiento matemático, por lo que se sugiere a los docentes de matemáticas utilizar las estrategias desarrolladas en el presente trabajo para dejar atrás el modelo tradicional y a través de éste desarrollar en los estudiantes sus habilidades y gusto por las matemáticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ausubel, D. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas 2ª, ed, México.
- Ausubel, D. (1986). *Psicología Educativa. Segunda Edición. Un enfoque cognoscitivo*. Editorial Trillas. México.
- Barderas, S. (2000). *Didáctica de la Matemática*. Editorial La Muralla. Madrid, España
- Bruner, G. (1986). *El procesamiento de la información en el hombre*. Edit. Aguilar. México.
- Cantoral, R., Farfán, R. Cordero, F. Alanís, J.A., Rodríguez, R. A., Garza, A. (2005, 2da. reimpresión) *Desarrollo del pensamiento matemático*. México: Trillas.
- Flórez Ochoa R. (1999) *Evaluación pedagógica y cognición*. Santafé
- Florez, R. (1996). *Pedagogía del conocimiento*. Editorial McGraw Hill. Bogotá. Colombia.
- Gagné. (1985). *Las condiciones del aprendizaje*. Editorial Aguilar. Buenos Aires.
- Godino, Juan, et al (2004), “Didáctica de las matemáticas para docentes”. Proyecto Edumat – Docentes. Universidad de Granada.
- Guerrero, J. (2005). *La comprensión lectora y la resolución de problemas matemáticos en alumnos de sexto grado*. Lima UCV
- Guzmán, M. de. (1993) “Enseñanza de las ciencias y la matemática”.
- López, J. G. (2005) *EquisAngulo: revista electrónica iberoamericana de Educación Matemática*, N°.1 consultado septiembre 20 de 2006. (universia.net/html_bura/ficha/params/id/2097247.html).
- Vásco ,Carlos (1994). “Un nuevo enfoque para la didáctica de las matemáticas”. Volúmen I y II, en *Serie Pedagogía y Currículo*, Ministerio de Educación Nacional. Bogotá.
- Vigotsky L.S. (1987) Presentación a la publicación en el idioma ruso del libro de K. Buhler "Ensayo sobre el desarrollo espiritual del niño". En el libro *La Psicología Evolutiva y Pedagógica en la URSS*. Ed. Progreso, Moscú. Antología.
- Zubiria, M de; Zubiria J de; *fundamentos de pedagogía conceptual: un propuesta curricular par la enseñanza de las ciencias sociales para pensar/ Bogotá, Plaza y Janés editores, Colombia 1987*

DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA, CAUSAS Y EVITABILIDAD DE LOS EVENTOS ADVERSOS EN EL SERVICIO DE PEDIATRÍA DE UN IPS QUINDIO 2014

DETERMINATION OF FREQUENCY, CAUSES AND PREVENTABILITY OF ADVERSE EVENTS IN THE PEDIATRIC WARD A IPS QUINDIO 2014



María Camila Rendón Román¹, Smyd Vanneza Restrepo franco², Jheimy Jackeline García Castañeda³

¹. Enfermera. Especialista en Gerencia de La calidad y auditoria en Salud Coordinadora de la unidad renal.

². Enfermera. Especialista en Gerencia de la calidad y Auditoria en Salud Coordinadora de programas en secretaria de Calarcá.

³. Enfermera. Especialista en gerencia de la calidad y auditoria en salud. Magister en Salud Pública Docente Programa de enfermería Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Quindío. Integrante del Grupo GIAPS

Recibido: 4 Diciembre de 2015

Aceptado: 15 Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Jheimy Jackeline Garcia Castañeda. E-mail: jheimyjacke@gmail.com

RESUMEN

La seguridad del paciente involucra una responsabilidad legal y ética del prestador de servicios de salud, en el ejercicio de esta profesión, de forma competente, segura, con autodeterminación y autorregulación de sus acciones. (1) objetivo: Determinar la frecuencia, causas y evitabilidad de los eventos adversos en el servicio de pediatría de una IPS Quindío 2014 metodología: se desarrolló un estudio cuantitativo, retrospectivo de corte transversal, con un muestreo tipo censo, Se realizó una análisis con el SPSS V17; Univariado: en el cual se identificaron las características sociodemográficas, los porcentajes de los eventos adversos, sus causas y Análisis bivariado: para hacer comparaciones entre grupos, se realizaron tablas de 2 por 2, para evaluar las variables categóricas se realizó la prueba de chi2 y el test exacto de Fischer, con un nivel alfa de 0,05 que determinó la significancias estadística. Conclusiones: Se encontró que los eventos adversos en el servicio de pediatría fueron más frecuentes en lactantes 60% y preescolares de género femenino 40%, el 64,3% Los eventos adversos presentes en este servicio se atribuyen a causas relacionadas con el cuidado directo de los pacientes; un 85,7% de los casos demuestra que existen fallas en las barreras humanas y administrativas que predisponen de manera directa a la ocurrencia de eventos adversos. El 73.3% de la población pertenece al régimen subsidiado de los eventos adversos presentados un 64,3%, El 73.3% de los eventos adversos que ocurrieron en el periodo de tiempo evaluado tienen causas prevenibles.

Palabras claves: Evento adverso, Pediatría

ABSTRACT

Patient safety involves legal and ethical responsibility of the health care provider, in order to perform this profession in a competitive and safe way, with self-determination and self-regulation of its actions. (1) Objective: to determine the frequency, causes, and avoidability of adverse events in the pediatrics department of a HSP in the department of Quindío, in 2014. Methodology: a quantitative, retrospective, cross-sectional study was performed with a census sampling method; an analysis with SPSS V17 was performed, Univariate: in which the sociodemographic characteristics, the percentages of adverse events, their causes and bivariate analysis were identified: to make comparisons between groups, 2 by 2 tables were made; to evaluate categorical variables Chi2 test and Fischer's exact test were performed with an alpha level of 0.05, which determined the statistical significance. Conclusions: It was found that adverse events in the pediatrics department were more common in infants (60%) and female preschool children (40%), 64.3% of adverse events occurring in this service are attributed to causes related to direct patients care; 85.7% of the cases shows flaws in human and administrative barriers which predispose occurrence of adverse events directly. 73.3% of the population belongs to the subsidized regime of the adverse events presented 64.3%, of the adverse events that occurred in the period of time evaluated are preventable causes.

Keywords: Adverse event, Pediatrics

INTRODUCCIÓN

Discernir sobre el tema de las atenciones inseguras o indicios de atención insegura, es complejo, polémico y difícil de estudiar, razón por la cual, se encuentra cierto rechazo y resistencia para su abordaje, aunado al desconocimiento, lo que, en la mayoría de los casos, levanta barreras que no permiten la integralidad en la investigación, restringiendo la generación e implementación de planes de mejora que contribuyan a minimizar los riesgos.

En Colombia, a pesar de que desde el 2006 con el Decreto 1011, el Ministerio de Salud y Protección Social, a través del sistema obligatorio de garantía de calidad, estableció la transversalidad en sus 4 ejes (sistema único de habilitación, acreditación, sistema de información para la calidad y auditoría para el mejoramiento de la calidad), el componente de seguridad que se sustentó, para el año 2008, con la publicación los lineamientos para la implementación de la política de seguridad del paciente para la prestación de los servicios de salud.(2)

Es evidente, la falta aun de cultura del personal de salud frente al proceso de reporte y respectivo análisis de las atenciones inseguras; lo que dificulta la determinación de la frecuencia, causas y evitabilidad de los eventos adversos, que oriente a los actores, involucrados en el sistema de salud, en la toma de decisiones en la definición e implementación de estrategias que posibiliten la minimización de los riesgos derivadas

de la prestación de los servicios de salud, gran parte de estas representadas en el esfuerzo individual, colectivo e interno de las instituciones prestadoras de salud. Situación que obstaculiza la determinación de los mismos, en servicios específicos como el de pediatría, máxime si se tiene en cuenta las connotaciones que hacen más vulnerable a la población infantil, situación que se explicita en la institución de segundo nivel, en la que se desarrolló el proyecto.

Actualmente la OMS se ocupa por el desarrollo de una metodología para el estudio de eventos adversos, la seguridad del paciente, y los errores de la atención médica.(3)

El estudio IBEAS: Prevalencia de efectos adversos en hospitales de Latinoamérica, tenía por objeto conocer la prevalencia de efectos adversos en hospitales de Latinoamérica, para obtener una aproximación a la magnitud, trascendencia e impacto de los eventos adversos (EA); identificar áreas, problemas prioritarios de la seguridad del paciente; involucrar mayor número de profesionales del sector salud en la seguridad del paciente e incorporar en las prioridades de estos países objetivos y actividades para mejorar la seguridad del paciente.(4)

La implementación de dicho estudio en Colombia favoreció la creación de una estrategia de vigilancia de eventos adversos desde el año 2006, en busca de identificar situaciones que podrían calificarse como atención insegura, para analizar las causas de su ocu-

rencia y generar acciones que hagan la atención segura y con el mínimo de riesgo, en cada una de las instituciones prestadores de servicios de salud (IPS). (5)

Con el estudio IBEAS no se inicia la política de seguridad del paciente de Colombia, pero sí le hace importantes aportes, brindando a las instituciones una metodología que permite evaluar la frecuencia con la cual se presentan los eventos adversos en sus condiciones específicas, y a su vez medir a mediano plazo el impacto de la implementación de la política de seguridad. A nivel de Colombia, el Ministerio de Salud y Protección Social, ha abordado la problemática desde la perspectiva de la calidad, donde el ente territorial de salud, del orden nacional, implementa el Observatorio de Calidad de la Atención en Salud, con el fin de recopilar, analizar y difundir información importante sobre la calidad de la atención en salud.(6)

En el 2004, con la colaboración de ICONTEC, se estableció como prerrequisito necesario para aplicar a la acreditación en salud, que la institución demostrara que desarrollaba procesos de vigilancia de los mencionados eventos.(7)

En España, por ejemplo, en la revista de calidad asistencial, en el año 2011, publicaron un estudio similar llamado Seguridad clínica de los pacientes durante la hospitalización en pediatría, el cual tenía como objetivo: “Describir la incidencia y tipos de eventos adversos (EA) en pacientes en edad pediátrica y su evitabilidad”(8) Allí se analizaron los eventos adversos ocurridos en 41 hospitales de España, en el periodo de 1 año, con la revisión y análisis de 8,407 historias clínicas:

En 24 de estos pacientes, se detectó algún EA, por lo que la incidencia de EA en la edad pediátrica fue de un 3,6% (IC: 2,19-5,03%). Por grupos de edad, los menores de 18 meses (lactantes) tuvieron una incidencia de EA de 3,8%, similar a la del grupo de 18 meses a 6 años (preescolares), mientras que el grupo de 7 a 15 años (escolares) experimentó una tasa de EA algo menor en torno al 2,6%”. (8) La mayoría de estos eventos adversos se encuentran en la clasificación de prevenibles.(8)

Dentro de las conclusiones importantes se encontró que a pesar que en dichas instituciones se tiene implementado política de seguridad con estándares de

calidad, aún se encuentran evidencias de atenciones insegura, además de resaltar que el liderazgo que ejerce el personal de salud y personal administrativo, el seguimiento a la aplicación de estándares son indispensables en el control de los riesgos para la seguridad en las instituciones.(4)

Un estudio similar es el de Frecuencia, evitabilidad y consecuencias de los eventos adversos, como su nombre lo indica, su objetivo fue el de determinar dichos acontecimientos ocurridos en los servicios de hospitalización, basándose en las fichas epidemiológicas e historias clínicas de pacientes que presentaron un evento durante el periodo analizado, primer semestre del año 2010. Por su parte, de un total de 472 eventos reportados se observa que La manera más viable de controlar y disminuir la incidencia de eventos adversos en la institución es promoviendo como también culturizando al personal de salud, con temas que aborden la aplicabilidad de normas de seguridad del paciente, reafirmar los conocimientos sobre las diferentes practicas asistenciales que conllevan en mayor medida la aparición de esos incidentes.(9)

Los eventos adversos en pacientes hospitalizados en tres instituciones hospitalarias en Colombia; realizado por Gaitán-Duarte, et al. (2006), Cuyo objetivo giró en torno a la determinación de la incidencia, clasificación, evitabilidad e impacto de los Eventos Adversos (EA), para establecer su importancia como problema en algunos hospitales en Colombia; se tomaron para este, pacientes hospitalizados en 3 instituciones de Colombia “...muestra que al menos el (4,5 %) de los pacientes en servicios quirúrgicos, médicos o de ginecobstetricia de las tres instituciones observadas presentaron eventos adversos.”(10)

Cabe resaltar que este estudio es la primera aproximación epidemiológica publicada sobre el tema en Colombia y muestra que al menos el (4,5 %) de los pacientes hospitalizados, en servicios quirúrgicos, médicos o de ginecobstetricia de las tres instituciones observadas presentaron eventos adversos siendo este un porcentaje elevado de eventos, lo cual puede verse relacionado propiamente con el tipo servicios y complejidad de los mismos.

En nuestro país el Sistema de Seguridad Social en Salud es complejo, la implementación de la política de la seguridad del paciente ha permitido que la atención en salud pase de ser complicada o poco confia-

ble, para convertirse en efectiva, positiva y proactiva, gracias a los controles, seguimientos y evaluaciones de cada uno de los procesos. Estos métodos ahora son más seguros, avanzados; ya que se han incorporado y renovado los equipos tecnológicos y las técnicas que son cada vez más elaboradas. (11)

Para que la atención en salud sea positiva, es preciso que los diferentes actores involucrados adquieran una participación responsable; también, implica una efectiva planeación, seguimiento y evaluación de cada uno de los servicios a prestar; y con estos identificar los riesgos asociados, diseñar e implementar, de manera constante, las barreras de seguridad necesarias para evitar estos accidentes. Cuando se presenta un evento adverso sufre daños tanto el paciente como el profesional de la salud, debido a la falla en la realización de los procesos. (11)

Teniendo en cuenta que la Seguridad del paciente es la ausencia de daños causados por los profesionales de la salud, en el cual se prolonga la hospitalización que, por ende, puede ocasionar discapacidades y pérdidas económicas. Desde la Asamblea Mundial de la Salud, en 2002, se reconoce la seguridad del paciente como un problema serio de salud pública, especialmente en los países en desarrollo, en los cuales el riesgo de infección intrahospitalaria es mayor. Como respuesta a este problema, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2014, dio a conocer oficialmente la alianza Mundial para la Seguridad del paciente. (12)

De igual forma, Colombia en el año 2006, establece mediante la Resolución 1446, la vigilancia de los eventos adversos y en el 2008 publica los lineamientos de la Política de la seguridad del paciente. Existen estudios previos como el de IBEAS (Prevalencia de efectos adversos en hospitales de Latinoamérica), que tiene como finalidad medir los eventos adversos presentados durante la estancia intrahospitalaria. (4)

Por otra parte el protocolo de Londres es una versión revisada y actualizada de un documento previo conocido como Protocolo para investigar como también analizar de incidentes clínicos. (13) que constituye una guía práctica para los administradores de riesgo, igualmente para otros profesionales interesados en este tema El cual se desarrolló teniendo en cuenta la experiencia en investigación de accidentes, tanto en el sector de la salud como de otras industrias que han avanzado enormemente en su prevención. Su propó-

sito es facilitar la investigación clara y objetiva de los incidentes clínicos, lo cual implica ir mucho más allá de simplemente identificar la falla o de establecer quién tuvo la culpa.

En razón a lo expuesto y dada la necesidad de verificar la presencia y abordaje de los eventos adversos en el servicio de Pediatría.:

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la frecuencia, causas y evitabilidad de los eventos adversos en el servicio de pediatría de un hospital de segundo nivel de atención, durante el primer semestre del año 2014

METODOLOGIA

Tipo de estudio

La presente investigación corresponde a un estudio cuantitativo; por ello se realizará un estudio descriptivo retrospectivo de corte transversal, en el cual se analizará la información obtenida de los eventos adversos registrados durante el tiempo comprendido entre enero y junio de 2014, en una IPS del departamento del Quindío. (14) El estudio es de tipo descriptivo de cohorte transversal es transversal; para lo cual se va a realizar descripción y documentación acerca de los eventos adversos presentados, con el fin de conocer la trazabilidad de los mismos; causa, frecuencia evitabilidad como también las consecuencias de los mismos. (13)

Los datos retrospectivos se describen como estudios que se realizan a partir de fuentes secundarias, tales como: archivos, historias clínicas de hospitales, cementerios, registro civil, informes de laboratorio, entre otras. En muchos casos la información ha sido captada por otros con anterioridad. (13) El porcentaje global de eventos adversos en la IPS es de 4,2 sobre el total de 353 pacientes pediátricos en el período analizados.

Población

Corresponde a un total de 15 casos de atenciones inseguras y eventos adversos presentados en el servicio de Pediatría, de una IPS, durante el período transcurrido entre enero y junio de 2014.

Muestra de estudio

Se realizara un muestreo tipo censo en el cual se estudian todos los elementos de la población objeto.

Metodología para la selección de los sujetos de estudio

No aplica, en razón de que se tomará el 100% de los registros de un instrumento que recopila la información relacionada con atenciones inseguras y eventos adversos en un período de tiempo definido. Es importante anotar que los datos fueron suministrados por la IPS, en cuanto a los RIPS y la base de los eventos adversos del servicio de pediatría correspondiente a los meses de enero a junio del año 2014.

Instrumentos, técnicas y métodos para la recolección de datos

El trabajo inicia con una fase exploratoria, con el objetivo de documentar la realidad que se analizaron, Como parte del proceso, se revisaron los RIPS y la base de datos de reporte de eventos adversos ocurridos en el servicio de pediatría durante el periodo enero a junio de 2014, a la cual se le aplicará un instrumento que incluye variables sociodemográficas, como también las características asociadas al evento adverso.

Instrumento

Se diseñó un instrumento en Excel y se aplicó un formato de compilación que recoge las variables definidas para este estudio, las cuales son: la fecha del evento adverso, descripción del evento, genero (sexo) del paciente, edad, régimen de salud, causa, factores contributivos, por ultimo barreras y defensas.

Técnica

Observación, revisión y análisis documental de las variables en su contexto.

Marco ético

La investigación se realizó con el aval del Gerente de la IPS. No se contó con el dictamen de aprobación del Comité de ética, por no tratarse de una investigación de tipo biomédico y no realizarse directamente con personas. Con base en lo estipulado en el Artículo 11 de la resolución 008430 de 1993 se trata de una *investigación sin riesgo*, dado que no se interviene o modifica intencionadamente las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de las personas y por lo tanto, se utilizó un consentimiento institucional. Igualmente, en el desarrollo de esta investigación, se dio cumplimiento a los principios básicos éticos, valores, deberes y obligaciones, con el fin de respetar entre otros derechos, la confidencialidad de la empresa, en cumplimiento del objetivo descrito en este estudio.

Sistematización de datos y análisis de la información

Se sistematizó la información en una base de datos en Excel, con tablas dinámicas para su posterior análisis estadístico, cruce de variables y la construcción de cuadros y gráficos. Para el análisis de los datos se utilizó la Base de Datos SPSS(17), se realizó un análisis univariado y bivariado:

- Análisis univariado: en el cual se identificaron las características sociodemográficas y los porcentajes de los eventos adversos y sus causas.
- Análisis bivariado: para hacer comparaciones entre grupos, se realizaron tablas de 2 por 2.
- En el análisis bivariado se cruzaron los tipos de eventos y las causas de los mismos, realizados con todas las variables sociodemográficas y con la clasificación de los eventos. Para evaluar las variables categóricas se realizó la prueba de χ^2 y el test exacto de Fischer, con un nivel alfa de 0,05 que determinó la significancias estadística.

RESULTADOS

TABLA. 1: Prevalencia de factores de Relacionados con el evento adverso, en el servicio de Pediatría de una IPS del Quindío 2014

Variable	Resultado	n	Frecuencia	Prevalencia
Ocurrencia del Evento	Mes de mayo	15	4,95	33%
Causa del Evento Adverso	Caídas del Paciente	15	6	40%
Edad	Lactantes de 0 a 18 meses	15	9	60%
Régimen de Salud	Régimen Subsidiado	15	10,9	73,3%
Causas del Evento	Evento Prevenible	15	10,9	73,3%
Factores Contributivos	Asociación Paciente-Equipo-Ambiente	15	7	46,7%
Barreras	Humanas-Administrativas	15	6,9	46%

Como muestra la tabla 1 en el mes de mayo se presentaron el 33% de la ocurrencia de los eventos adversos. Las caídas en el servicio de pediatría ocupan el primer lugar en ocurrencia de eventos adversos con 6 de los 15 casos reportados representando el 40%, seguido por 4 casos de reingresos por la misma causa con un 26%, 2 fallas relacionadas con proceso de laboratorio y 2 de errores u omisiones en la administración de

medicamentos. El 60% de los eventos adversos corresponden a lactantes (0 y 18 meses), mientras que el 40% en preescolares (entre 18 meses y 5 años), sin presentarse ningún evento en los niños escolares (5 años a 16 años). El 73.3% de la población pertenece al Régimen de salud subsidiado. El 73.3% de los eventos adversos son prevenibles. Los factores contributivos asociado a cada una de las acciones inseguras más típicos son paciente – equipo y ambiente equivalente a un 46,7%. La barrera que se presentan con mayor frecuencia son las humanas – administrativas con un 46%.

ANÁLISIS BIVARIADO

Se realizó una observación univariado de la frecuencia de los eventos. De otra parte se efectúa un análisis bivariado relacionado con la ocurrencia del evento, causa, edad, régimen de salud, factores contributivos

y las barreras de presentación del evento.

A continuación se describen los factores de riesgo que tiene porcentajes relevantes dentro del estudio

Tabla 1: Relación de evento adverso con género (sexo) de la población

Tabla 2 de Contingencia EVENTO ADVERSO * SEXO					
EVENTO	1.00	Recuento	SEXO		Total
			FEME- NINO	MASCU- LINO	
			5	2	7
		% dentro de EVENTO ADVERSO	71.4%	28.6%	100.0%

Tabla 3 de contingencia EVENTO ADVERSO * edad evento

			edad lactante	evento preescolar	Total
EVENTO ADVERSO	fallas administrativas	Recuento	2	3	5
		% dentro de EVENTO ADVERSO	40.0%	60.0%	100.0%
		% dentro de edad evento	22.2%	50.0%	33.3%
	fallas en cuidado directo	Recuento	7	3	10
		% dentro de EVENTO ADVERSO	70.0%	30.0%	100.0%
		% dentro de edad evento	77.8%	50.0%	66.7%
Total		Recuento	9	6	15
		% dentro de EVENTO ADVERSO	60.0%	40.0%	100.0%
		% dentro de edad evento	100.0%	100.0%	100.0%
		% dentro de EVENTO ADVERSO	71.4%	28.6%	100.0%
	2.00	% dentro de SEXO	55.6%	33.3%	46.7%
		Recuento	4	4	8
		% dentro de EVENTO ADVERSO	50.0%	50.0%	100.0%
		% dentro de SEXO	44.4%	66.7%	53.3%
		Recuento	9	6	15
		% dentro de EVENTO ADVERSO	60.0%	40.0%	100.0%
		% dentro de SEXO	100.0%	100.0%	100.0%

En cuanto a la relación entre el evento adverso y el sexo se observa que el 55,6% de la población afectada por sucesos negativos en la prestación de los servicios de salud son mujeres (Tabla #2).

edad se observa que el 77,8% de la población afectada son lactantes y preescolares (de 0 a 5 años) como también presentaron fallas en el cuidado directo (Tabla #3)

En cuanto a la relación entre el evento adverso y la

La relación entre el evento adverso y el régimen de

salud se observa que el 64,3% de la población tiene régimen subsidiado y/o vinculado, fueron afectadas por las fallas en el cuidado directo. (Tabla #4).

Tabla 4 de contingencia EVENTO ADVERSO * Régimen

			Régimen		Total
			subsidiado y vinculado	Contributivo	
EVENTO ADVERSO	fallas administrativas	Recuento	5	0	5
		% dentro de EVENTO ADVERSO	100.0%	.0%	100.0%
		% dentro de Régimen	35.7%	.0%	33.3%
	fallas en cuidado directo	Recuento	9	1	10
		% dentro de EVENTO ADVERSO	90.0%	10.0%	100.0%
		% dentro de Régimen	64.3%	100.0%	66.7%
Total	Recuento		14	1	15
	% dentro de EVENTO ADVERSO		93.3%	6.7%	100.0%
	% dentro de Régimen		100.0%	100.0%	100.0%

En cuanto a la relación entre el evento adverso y las barreras por las que se puede ocasionar se observa que el 85,7% de la población involucran barreras humanas y administrativas fueron también afectados por las fallas en el cuidado directo (Tabla #5).

Tabla 5 de contingencia EVENTO ADVERSO * Barreras del Evento

			Barreras del Evento		Total
			humanas-administrativas	humanas físicas	
EVENTO ADVERSO	fallas administrativas	Recuento	1	4	5
		% dentro de EVENTO ADVERSO	20.0%	80.0%	100.0%
		% dentro de Barreras del Evento	14.3%	50.0%	33.3%
	fallas en cuidado directo	Recuento	6	4	10
		% dentro de EVENTO ADVERSO	60.0%	40.0%	100.0%
		% dentro de Barreras del Evento	85.7%	50.0%	66.7%
Total	Recuento		7	8	15
	% dentro de EVENTO ADVERSO		46.7%	53.3%	100.0%

En cuanto a la relación entre el evento adverso y los factores se observa que el 70% de la población que presentan barreras en el paciente – equipo tuvieron fallas en el cuidado directo (Tabla #6)

Discusión

La relación entre el evento adverso y la edad se observa que el 77,8% de la población afectada es lac-

tante (de 0 a 5 años), como también presentaron fallas en el cuidado directo. Este resultado es similar a lo encontrado en el estudio *Seguridad clínica de los pacientes durante la hospitalización en pediatría*, se identificaron 24 pacientes, de los cuales el 3,8% de los eventos adversos se presentaron en lactantes (0-18 meses).(15)

Tabla 6 de contingencia EVENTO ADVERSO * factores evento

			factores evento		
			paciente- equipo	tarea-indivi- duo-paciente	Total
EVENTO AD- VERSO	fallas administrativas	Recuento	3	2	5
		% dentro de EVENTO ADVERSO	60.0%	40.0%	100.0%
		% dentro de factores evento	30.0%	40.0%	33.3%
	fallas en cuidado directo	Recuento	7	3	10
		% dentro de EVENTO ADVERSO	70.0%	30.0%	100.0%
		% dentro de factores evento	70.0%	60.0%	66.7%
	Total	Recuento	10	5	15
		% dentro de EVENTO ADVERSO	66.7%	33.3%	100.0%
		% dentro de factores evento	100.0%	100.0%	100.0%

Igualmente en un hospital pediátrico de la ciudad de Santiago, Chile; su objetivo fue identificar los Eventos Adversos presentes en la atención de niños con enfermedades respiratorias crónicas. (16) El 82,6 % de la población se encuentra en el intervalo de edad de 1 mes a 5 años con mayor ocurrencia de errores en la prestación del servicio de salud. Por otra parte, el estudio de *Efectos adversos asociados a la vacunación PAI en niños menores de 2 años en Medellín reportados entre 2008-2009*; (17) tiene similitud con la presente investigación planteada, debido al rango de edad de la población objeto.

Este fue un estudio observacional descriptivo, donde se determinaron los principales efectos adversos generados por la vacunación PAI en niños menores de 2 años. La información se obtuvo de la base de datos SIVIGILA, sobre niños que fueron reportados con efectos adversos entre 2008 y 2009. Se analizaron los datos de variables cualitativas por medio de gráficas, tablas y proporciones, y las variables cuantitativas por medio de medidas descriptivas. Como resultados se encontró que la edad en la que se presentaron mayor número de efectos adversos fue entre 12 y 14 meses de vida, seguido por los primeros 4 meses de vida.

En el mismo se concluyó que la edad pico de presentación de los efectos adversos post vacúnales fue de un año de edad, también que la gran mayoría de estos accidentes se presentaron durante el primer día después de la aplicación. Los efectos de los sucesos más comunes fueron el dolor local y eritema, las vacunas más relacionadas con los efectos adversos fueron la Pentavalente como también el DPT, que juntas

conformaron más del 70% de los efectos adversos reportados. El 50% de los pacientes se recuperaron sin secuelas.

Toda organización, como un sistema en sí mismo, requiere de una constante evaluación de sus procesos con el fin de mejorar la calidad de éstos. Una institución de salud debe continuamente buscar las herramientas necesarias para otorgar la mejor atención posible a sus usuarios, destinando los recursos humanos como también los materiales necesarios para que la atención sea total, precisa y tan efectiva como el estado actual del conocimiento lo permita. (17)

Con respecto al tipo de evento adverso, en pediatría las caídas fueron los sucesos de mayor frecuencia, aspecto que coincide con lo encontrado en este estudio. El reporte de las caídas como un EA, es una situación común entre los niños por su condición de desarrollo (menor estabilidad al andar), o bien por su necesidad de exploración, que los coloca en una situación de mayor riesgo. En este estudio fue considerado como un EA, porque responde a la descripción del mismo, al ser un daño no intencionado, resultado desfavorable por acción u omisión durante la atención (ej. vigilancia del niño), y que puede ser evitado con el establecimiento de normas o procedimientos.

Como conclusión de este estudio en la ESE de Chile, se obtuvo que la identificación de los eventos adversos es fundamental para lograr una atención de calidad y es responsabilidad de cada integrante del equipo de salud velar por su cumplimiento. A su vez, dicha responsabilidad no solo debe limitarse a la notificación

de estos sucesos, sino que también debe contribuir al conocimiento, desarrollando nuevas investigaciones en torno al tema. Ante lo expuesto, se hace fundamental la realización de futuros estudios, que permitan complementar la información necesaria y que contribuyan, fundamentalmente, a mejorar la atención que día a día se brinda a los pacientes más cuando estos son menores de edad.

En caldas en una ESE de primer nivel, estudio descriptivo de corte transversal, retrospectivo, que analizó la información obtenida de los eventos adversos registrados en los años 2007 a 2009. Como resultados se obtuvo que, se evaluaron 49 historias clínicas, correspondientes a 38 mujeres y 11 hombres. El 77,6% eran mujeres. Similar a esta investigación siendo el género femenino prevalente en la presentación de eventos adversos. (18) Relativo a esta investigación llevada a cabo debido a que, el 55,6% de la población afectada con los accidentes en la atención son de sexo femenino.

El 71,1% de los E.A. que se presentaron en el sexo femenino eran prevenibles. Conocer la magnitud de las consecuencias de cada uno de estos accidentes, permitiría establecer la atención en la prestación del servicio adecuado y con calidad. Debido a que un evento adverso prevenible es el resultado no deseado asociado con un error en el suministro de la atención; esto se presenta porque no se utilizan correctamente los estándares del cuidado asistencial.(9) Según un estudio realizado por el profesor del Instituto de Investigaciones Clínicas de la Universidad Nacional de Colombia, Gaitán y por el grupo de Evaluación de Tecnologías y Políticas en Salud (2006), en Colombia la mortalidad asociada a los eventos adversos es cercana al 6%. (19) Es por esto que, si los eventos adversos prevenibles se hubieran evitado, si se asumieran todos los más altos estándares de cuidado al paciente, la calidad de la prestación de los servicios aumentaría, como también la fidelidad de los clientes.

En los Estados Unidos, país donde se ha estudiado de manera más completa el problema de la seguridad de los servicios de salud, se ha estimado que al menos 44.000 pacientes fallecen en los hospitales anualmente como consecuencia de deficiencias en la atención a los usuarios, los cuales en su mayoría habrían podido ser prevenidos. La mayoría de estos eventos se relacionan con reacciones adversas a medicamentos, transfusiones inapropiadas, daños en cirugía, cirugías

en sitios equivocados, caídas, fallas en la identificación del paciente y muertes, entre otros.(10)

Por otra parte, la investigación realizada en una ESE de Caldas, en cuanto a la afiliación al SGSSS la mayor proporción corresponde al régimen subsidiado con el 57,1%, seguido del pobre no afiliado (24,5%,) y el régimen contributivo (10,2%); resultados similares a esta investigación debido a que el 64,3% de la población afectada tiene régimen subsidiado y/o vinculado. En el estudio de Gaitán-Duarte(10), el 44,0% de los pacientes estaban afiliados a medicina prepagada, el 28% al régimen contributivo, el 21,5% al régimen subsidiado y el 54% no tenía aseguramiento. En cuanto a la afiliación al SGSSS, este estudio mostró que la mayor prevalencia de eventos adversos se registró en pacientes afiliados al régimen subsidiado, con un 57,1%, seguido del pobre no afiliado con un 24,5%, y, por último, al régimen contributivo con un 10.2%. Sin embargo, estos datos son poco relevantes, pues no se estudió toda la población y no se tuvo en cuenta el porcentaje de afiliación y contratación por régimen y entidad.(10)

Igualmente, el 71,2% de las complicaciones que se presentaron correspondían a pacientes afiliados al régimen subsidiado, y el 28,6% a pobres no afiliados.10 Aunque los eventos registrados, en su gran mayoría, fueron eventos prevenibles, es muy relevante el número de eventos centinela presentados en los pacientes en la institución, los cuales estaban asociados a los fallos en el sistema de referencia y contrarreferencia de pacientes a un nivel de mayor complejidad que se refleja en la muerte por inatención.

La prestación de los servicios de salud muchas veces está determinada por el régimen que el paciente presenta, siendo el contributivo más privilegiado por la cancelación particular de las atenciones, presentándose entonces el subsidiado con más falencias o demoras en las asistencias de salud. Ante la evidencia de que personas desfavorecidas socialmente tienen peor situación de salud, la atención a las desigualdades han sido tema de discusión en la agenda política de la Organización Mundial de la Salud.(20)

Cabe anotar que la mayoría de la población de nuestro país pertenece a este sistema, debido a que es el mecanismo mediante el cual la población más pobre del país, y sin capacidad de pago, puede obtener los servicios de salud.(6) Debido a esto y dentro de las

desigualdades en salud, se puede señalar el riesgo, la percepción de la salud, las diferencias en el diagnóstico o tratamiento de patologías, la incidencia de la enfermedad, incapacidad o muerte, consecuencias socioeconómicas de las alteraciones de la salud, así mismo el comportamiento de la búsqueda de asistencia.

En cuanto a la relación entre el evento adverso y las barreras por las que se puede ocasionar, se observa que el 85,7% de la población presentan barreras humanas administrativas, puesto que fueron afectadas por las fallas en el cuidado directo. El análisis de estas barreras es una medida de control diseñada para prevenir el daño de elementos de valor o vulnerables. Las barreras humanas son las producidas por las personas y también por los factores que intervienen en su trabajo.

Para generar barreras de seguridad en la prestación de los servicios en salud, debe no solamente existir sino también ser funcional y positivo el reporte de los eventos adversos. El estudio *Eventos adversos durante la atención de enfermería en unidades de cuidados intensivos, tiene similitud con la investigación llevada a cabo, en cuanto que, los factores de riesgo que inciden en la aparición de eventos adversos; donde la principal barrera es la humana – administrativa con una representación de 85,7%.*(21) Para este, las variables que intervienen en diferentes momentos del proceso de atención en salud, por sus condiciones específicas permiten establecer que la ocurrencia de un evento adverso no es unicausal donde las diferentes variables se mezclan y funcionan como piezas de un engranaje que forja un resultado funesto y perjudicial, donde todo actúa como un círculo vicioso permitiendo la aparición del efecto del “queso suizo”.

De estas, sobre las que más se hace énfasis, son las que tienen que ver con el profesional; el equipo de trabajo, condiciones laborales; se enuncian los factores propios del paciente como factor de riesgo, siendo este el menos contemplado, lo que puede tener explicación en que se concibe al paciente crítico como aquel individuo que por procesos fisiopatológicos se encuentra inestable al borde de la muerte, que está indefenso y que necesita que se le satisfagan de manera parcial o total sus necesidades y que por lo mismo sería capaz de propiciar situaciones que le pongan a el mismo en riesgo(22) .En cuanto a la relación entre el evento adverso y los factores se observa que el 70% de la población que presentan barreras en el paciente

– equipo tuvieron fallas en el cuidado directo

Tanto los elementos clínicos como los organizativos son influyentes para la exposición de un evento adverso; estas condiciones influyen la práctica y resultado de la atención en salud. A la cabeza de los factores contributivos, están los del paciente. En cualquier situación clínica, las condiciones de salud de este son un papel determinante sobre el proceso de atención y sus resultados. Otros factores del usuario son su personalidad, lenguaje, creencias religiosas y problemas psicológicos, todos los cuales pueden interferir la comunicación adecuada con los prestadores. La forma en que una determinada función se planea y la disponibilidad de guías y pruebas de laboratorio pueden, igualmente afectar la calidad de atención.(22)

Los factores del individuo (prestador) tales como conocimiento, experiencia, pericia, cansancio, sueño y salud, tanto física como mental, son condiciones que, dado el escenario propicio, pueden contribuir a que se cometan errores⁵. La atención de salud es cada día más compleja y sofisticada, lo que hace necesaria la participación de más de un individuo en el cuidado de cada paciente e imprescindible la adecuada coordinación como también comunicación entre ellos; en otras palabras, la atención de un paciente en la actualidad depende más de un equipo que de un individuo⁽⁵⁾. Por este motivo, todo el personal de salud debe entender que sus acciones dependen de otros y condicionan las de alguien.

También, las decisiones y directrices organizacionales, originadas en los niveles gerencial y directivo de la institución, afectan directamente a los equipos de trabajo. Por otra parte, un evento adverso es aquel que genera daño al paciente, después de que éste ingresa a una IPS y además está más relacionado con el cuidado que con la misma enfermedad base.

Los eventos no prevenibles son aquellos que, a pesar de aplicar los mejores estándares de cuidado, no se pueden evitar. También son prevenibles los que se habrían podido evitar, si se hubieran utilizado todos los más altos estándares de cuidado. La investigación mostró que la incidencia de eventos adversos en los hospitales estudiados fue del 4.6%; esta fue mayor en las especialidades quirúrgicas, con un 6.2%, seguida por medicina interna, con cerca de 3.5%; aproximadamente, el 60% de los eventos detectados eran prevenibles⁸⁰. Este estudio halló que los eventos adversos

en hospitales se dan más por fallas del sistema que por negligencia o falta de idoneidad del profesional de la salud; las causas estuvieron relacionadas con deficiencias de los procesos de provisión de servicios, problemas de racionalidad técnico-científica, problemas de comunicación entre los servicios hospitalarios e insuficiencia administrativo. Como resultado se obtuvo que, las instituciones participantes están desarrollando sus propios programas de seguridad del paciente.(22) Lo que al compararse con el presente estudio coincide debido a que se observa un porcentaje global del evento adversos del 4,2%.

De igual forma, ya mencionado anteriormente en un Hospital Pediátrico de la ciudad de Santiago de Chile; se realizó estudio de carácter descriptivo, correlacional, retrospectivo: se revisaron 115 fichas clínicas, correspondientes a los ingresos entre los meses de enero del 2006 y julio de 2007, extrayéndose a través de una ficha de recolección de datos los eventos adversos notificados, entre otras variables. En el 15,7% de los niños se notificó la ocurrencia de EA; en el 6,1% se registró la ocurrencia de dos o más EA. Los EA notificados fueron: EA en administración de medicamentos, caídas y golpes. Se observó asociación entre la ocurrencia de EA y el número de días de hospitalización, jornada del día y mes de año. No se observó

asociación con la edad del niño.

CONCLUSIONES

- Se encontró que los eventos adversos en el servicio de pediatría fueron más frecuentes en lactantes y preescolares de género femenino, ya que la mayoría de los pacientes que se encuentran en este servicio corresponden a este grupo poblacional.
- Los eventos adversos presentes en este servicio se atribuyen a causas relacionadas con el cuidado directo de los pacientes.
- Existen fallas en las barreras humanas y administrativas que predisponen de manera directa a la ocurrencia de eventos adversos en el servicio por lo cual es necesario intervenirlas.
- Son más comunes los eventos adversos en pacientes del régimen subsidiado ya que son estos pacientes los consultantes más frecuentes a esta institución hospitalaria, además de que en el caso de régimen contributivo cuentan con un espacio diseñado para la atención de estos pacientes con mayores recursos físicos que contribuyen a la no ocurrencia de eventos.
- La mayoría de los eventos adversos que ocurrieron en el periodo de tiempo evaluado tienen causas prevenibles.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Salud y Protección Social. (2007). Guía práctica de preparación para la acreditación en salud. Recuperado el 18/11/2014, en: <http://www.acreditacionensalud.org.co/userfiles/file/Gu%C3%ADa%20preparaci%C3%B3n%20acreditaci%C3%B3n%20MPS.pdf>
2. Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Lineamientos para la implementación de política de seguridad del paciente en la República de Colombia 2012. Recuperado el 18/11/2014, en: <http://salud-capital.gov.co/Publicaciones/Garantia%20de%20Calidad/Seguridad>
3. Organización Mundial de Salud (OMS). (2009). Marco conceptual de la clasificación internacional para la seguridad del paciente. Recuperado el 18/11/2014, en: http://www.who.int/patientsafety/implementation/icps/icps_full_report_es.pdf
4. Ministerio de sanidad y política social (España). (2010). La seguridad en los cuidados del paciente hospitalizado proyecto SENECA. Recuperado el 18/11/2014, en: <http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/ProyectoSENECA.pdf>
5. Gaitán, L. M. y Garzón, A. (2010). Evaluación de la existencia de un protocolo sobre buenas prácticas para la seguridad del paciente e identificación de los factores de riesgo en la corporación IPS Tolima sede Interlaken y elaboración de un plan de mejoramiento para la prevención de eventos adversos. Universidad EAN. Ibagué, Colombia. Recuperado el 23/11/2014, en: <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/525/GaitanLina2010.pdf?sequence=2>
6. Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). Observatorio de la calidad en la atención en salud de Colombia. Recuperado el 18/11/2014, en: <http://www.minsalud.gov.co/Paginas/Observatorio-de-Calidad-respondera-a-nuevo-enfoque-de-servicios-de-salud.aspx>
7. Ministerio de Salud y Protección Social. (2008). Lineamientos para la implementación de la política de seguridad del paciente en la república de Colombia. Página 1. Recuperado el 18/11/2014, en: http://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Lineamientos_para_Implementaci%C3%B3n_de_Pol%C3%ADtica_de_Seguridad_del_Paciente.pdf
8. Requena, J., Miralles, J. J., Mollar, J. y Aranaz, J. M. (2011). Seguridad clínica de los pacientes durante la hospitalización en pediatría. Revista de calidad asistencial, 26(6). Recuperado el 06/01/2015, en: http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?_f=10&pidet_articulo=90038281&pidet_usuario=0&pcontactid=&pidet_revista=256&ty=112&accion=L&origen=zonalectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=256v26n06a90038281pdf001.pdf
9. Bautista, L. M., Parada, D., Ballesteros, N., Rodríguez, J., Ornella, Z., Guampe, L. y Polentino, C. V. (2011). Frecuencia, evitabilidad y consecuencias de los eventos adversos. Revista ciencia y cuidado volumen 8(1), 75-84. Recuperado el 03/10/2014, en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3853523>
10. Gaitán-Duarte, H., Eslava-Schmalbach, J., Rodríguez-Malagon, N., Forero-Supelano, V., Santofimio-Sierra, D. y Altahona, H. (2006). Incidencia y evitabilidad de eventos adversos en pacientes hospitalizados en tres instituciones hospitalarias en Colombia. Recuperado el 02/01/2015, en: <http://www.scielo.org/pdf/rsap/v10n2/v10n2a02.pdf>
11. Ministerio de Salud y Protección Social. (2009). Evaluación de la frecuencia de eventos adversos y monitoreo de aspectos claves relacionados con la seguridad del paciente. Recuperado el 18/11/2014, en: http://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/CA/Evaluar_frecuencia_eventos_adversos.pdf#search=eventos%2520adversos
12. Álvarez, C. A. (2009). Comprometidos con el conocimiento y el control de las infecciones. EDITORIAL. Infectio, 13(2). Recuperado el 09/10/2014, en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v13n2/v13n2a01.pdf>
13. Luengas, S. (2008). Modelo para gestionar la seguridad del paciente en las instituciones de salud. Via-salud, (43), 8-15. Recuperado el 12/12/2014, en: <http://www.cgh.org.co/imagenes/calidadycultura.pdf>
14. Cárdenas, N., (2010). Modelo de calidad en la gestión de salud con énfasis en la seguridad del paciente, para la terapia endovascular de aneurismas intracerebrales en un servicio de neurointervencionismo. Recuperado el 11/11/2014, en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1479/1/658562C>

266m.pdf

15. Fernández, N. (2004). Los eventos adversos y la calidad de atención. Estrategias para mejorar la seguridad de los pacientes pediátricos. Archivos Argentinos de Pediatría, 102(5), 402-410. Recuperado el 02/12/2014, en: http://www.seguridaddelpacienteyenfermero.com/docs/articulos/articulo_03.pdf
16. Riquelme, G y Ourcilleón, A. (2013). Descripción de eventos adversos en un hospital pediátrico de la ciudad de Santiago, Chile. Enfermería global, 12(1). Recuperado el 29/11/2014, en: <http://revistas.um.es/eglobal/article/view/158551/144061>
17. Moreno, S., Gutiérrez, C, Osorio, J. y Segura, A. M. (2010). Efectos adversos asociados a la vacunación PAI en niños menores de 2 años en Medellín reportados entre 2008-2009. Noviembre 16 de 2010. Recuperado el 18/11/2014, en: http://revistas.ces.edu.co/index.php/ces_salud_publica/article/view/1307
18. Otálvaro, A. M., Valencia, M. A. y Cardona, D. (2011). Caracterización de Eventos Adversos en una E.S.E de Primer Nivel en Caldas 2007-2009. Hacia la Promoción de la Salud, 16(1), 87-98. Recuperado el 02/02/2015, en: [http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista16\(1\)_7.pdf](http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista16(1)_7.pdf)
19. Páez, M. (s.f.). Eventos adversos un desafío para la medicina. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Recuperado el 02/02/2015, en: <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/110/10.html>
20. Castro, M. G. (2009). Evaluación de la utilización adecuada del control prenatal en bogotá con base en la encuesta nacional de salud 2007. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colimba. Recuperado el 11/11/2014, en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2615/1/597350.2009.pdf>
21. Bernal, D. C. y Garzón, N. (2008). Eventos adversos durante la atención de enfermería en unidades de cuidados intensivos. Pontifica Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Recuperado el 03/10/2014, en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/enfermeria/tesis44.pdf>
22. Sarabia, O. (2007). Seguridad del paciente en la atención médica. Foro: “nuevos rumbos de las políticas de salud en México”. Recuperado el 29/11/2014, en: https://www.google.com.co/url?sa=t&rc=ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww3.diputados.gob.mx%2Fcamara%2Fcontent%2Fdownload%2F115502%2F312674%2Ffile%2FSeguridad_Paciente_Dra_Sarabia.pdf&ei=QmX4VPaGI8W9ggSYIILIAg&usg=AFQjCNHwLXG_EYunvYq3U5KcJg_d8JNY9A&bvm=bv.87519884,d.eXY

LA GESTIÓN EN LOS PLANES INTEGRALES SISO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

SISO MANAGEMENT IN COMPREHENSIVE SCHEMES IN THE CONSTRUCTION SECTOR



John Jairo Duque Arango¹

¹ Programa de Ingeniería Universidad del Quindío

Recibido: 2 Diciembre de 2015

Aceptado: 2 Marzo de 2016

*Correspondencia del autor: John Jairo Duque Arango. E-mail: jjduque@uniquindio.edu.co

RESUMEN

El documento hace referencia al grado gestión de los planes **SISO**¹ por parte de la empresas del sector de la construcción, trabajo de investigación que permite determinar la aplicabilidad de los diversos programas que conforman el plan integral. La metodología utilizada como herramienta un software en java que de manera porcentual evalúa el grado de ejecución de cada una de los programas y sugiere los correctivos del caso. Los resultados obtenidos determinan el diagnóstico actual del sector y permiten el diseño de una guía de control que contiene una serie de actividades acordes al proceso constructivo. Las conclusiones abordan los aspectos de importancia del trabajo y propone una serie de recomendaciones a tener en cuenta en futuros proyectos para evitar situaciones y/o eventos de emergencia en la prevención de lesiones y accidentes del trabajo.

Palabras claves: Gestión, plan integral, programas, condiciones inseguras, diagnóstico, guía de control, lesiones, accidentes.

ABSTRACT

The document refers to the degree *SISO* management plans by the companies in the construction sector, research that enables you to determine the applicability of the various programs that make up the comprehensive plan. The methodology used as tool software in java that percentage way evaluates the degree of implementation of each of the programs and suggests the remedies in the case. The results obtained determine the current diagnosis of the sector and enable the design of a control guide that contains a series of activities in accordance with the construction process. The conclusions dealt with aspects of importance of work and proposes a series of recommendations to take into account in future projects to avoid situations or events of emergency in the prevention of injuries and accidents at work.

Keywords: Management, comprehensive plan, programs, unsafe conditions, diagnosis, control, injuries, accidents Guide

¹ Documento resultado de la investigación: “La gestión de los planes siso en el sector de la construcción”, presentado en la maestría en ingeniería con énfasis en gestión de la construcción, Universidad del Quindío convenio Universidad Eafit.

INTRODUCCION

El objetivo de este documento es presentar los resultados obtenidos de la investigación acerca de la situación actual del sector de la construcción en seguridad industrial y salud ocupacional para los proyectos de construcción de vivienda en el Municipio de Armenia.

Este diagnóstico basa su desarrollo en datos estadísticos y cifras sobre accidentes de trabajo y enfermedades profesionales los cuales demuestran su alta incidencia y peligrosidad en el desempeño de la actividad, por lo tanto obliga a las empresas del sector a crear nuevos retos y estar preparados para enfrentarlos adaptándose al medio en que se realice el proyecto.

(Mincit, 2012), menciona que para este año el sector de la construcción ha tenido un crecimiento del 10.3%, el cual se ha visto considerablemente afectado por niveles de accidentalidad significativos en Colombia con un 13%, según (Fasecolda, 2010). Estos accidentes deben ser reportados al sistema general de riesgos en informes consolidados enviados por las diferentes compañías de seguros, con datos concretos sobre el tipo de lesión presente en las personas en el desempeño de diversas actividades.(ver Tabla N°1).

Los datos estadísticos confirman que la accidentalidad laboral en comparativo del año 2010 - 2011 tiene un aumento del 3.5% el cual corresponde a 36.365 eventos y en lo que respecta a casos de invalidez con un incremento del 4.6 % que equivale a 16 personas.

TABLA N°1

ESTADISTICA DE RIESGOS PROFESIONALES
CONSOLIDADO DE ADMINISTRADORAS
DE RIESGOS PROFESIONALES QUE
OPERAN EN COLOMBIA
CLASE DE RIESGO V – SECTOR
DE LA CONSTRUCCIÓN

2010	2011
ENFERMEDAD PROFESIONAL POR ACTIVIDAD	
918	889
9.8%	9.8%
ACCIDENTALIDAD LABORAL	
73.461	109.726
16.6%	20.1%
INCAPACIDAD PERMANENTE O PARCIAL	
1803	1864
18.7%	18.7%

INVALIDEZ

46	64
20.0%	24.6%

MORTALIDAD

Cont. Tabla No. 1

2010	2011
161	105
32.3%	27.7%

COBERTURA DE EMPRESAS

Continuación de la Tabla

51.245	61.854
11.4%	12.6%

COBERTURA DE TRABAJADORES

933.403	1.169.810
13.7%	15.6%

Fuente: CTRP - Fasecolda, encuesta sistema de información gremial, cálculo CTRP-Fasecolda

Según tasa de distribución geográfica el departamento del Quindío posee una tasa de accidentalidad del 7.0% con algunos casos de muerte (Positiva, 2012), la anterior cifra indica la existencia de situaciones y eventos que requieren de control para su respectiva solución, cifra importante para el desarrollo del presente trabajo. (Ver Tabla N°2).

Estos reportes de accidentes se realizan a través de las administradores de riesgos laborales, quienes tienen identificados las diversas situaciones que aquejan al sector, estas entidades tienen la función de concientizar, capacitar, orientar, asistir a las empresas en el cumplimiento total del programa integral, pero queda como responsabilidad a la gerencia de estas, si dicho programa se ejecuta en su totalidad.

En relación al tema de seguridad y salud ocupacional, en la actualidad se evaden obligaciones y responsabilidades por parte de empleadores, esto se debe al poco interés por parte de la dirección en programar acciones, además la no disposición de inspección, vigilancia, control y seguimiento de los organismos o grupos responsables en el tema que les compete,

La siguiente tabla permite observar que en la mayoría de las ciudades existe un incremento de eventos de riesgo para los trabajadores en las diversas empresas, con un aumento de accidentalidad en ciudades como Vaupés, la Guajira, Chocó y Cesar.

Según informe continental año 2008 resultado de una

encuesta nacional resume que estos reportes realizados al sistema general de riesgos profesionales se deben a una escasa asesoría por parte de estas administradoras de riesgos y al área administrativa por no contar con un programa de promoción y prevención adecuado y oportuno.

La accidentalidad laboral en el sector de la construcción reportada está relacionada con el cargo u ocupación, estos porcentajes están sujetos a la rotación de empleados, variedad de oficios, condiciones de tiempo y obviamente a la probabilidad del riesgo; encontrando que el 58.48% corresponde a obreros de la construcción, con un aporte del sector al PIB nacional del 3.6% (Superintendencia de Sociedades, 2013).

Las consecuencias de esta probabilidad de riesgo son consideradas lesiones ocupacionales, las cuales son producidas por: negligencia en acatar responsabilidades estipuladas en los reglamentos internos o por el empleador, no disposición en asistir a capacitaciones, realizar actividades por parte del empleado por considerarlas que están bien ejecutadas aun reconociendo el riesgo, no uso de dotación e implementos de seguridad y demás altos inseguros que hacen de esta una actividad de alto riesgo.

TABLA N°2
ESTADISTICA DE RIESGOS PROFESIONALES
ACCIDENTE DE TRABAJO
SEGÚN DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA
TASA DE ACCIDENTALIDAD
AÑO 2010 – 2011

N°	CIUDAD	2010	2011
1	Amazonas	2.1	3.1
2	Antioquía	7.6	9.1
3	Arauca	2.8	3.0
4	Atlántico	7.8	7.7
5	Bogotá D.C.	5.4	6.1
6	Bolívar	8.4	8.3
7	Boyacá	4.4	7.7
8	Caldas	8.2	7.9
9	Caquetá	4.5	5.3
10	Casanare	4.5	5.3
11	Cauca	7.3	7.1
12	Cesar	12.0	10.1
13	Choco	2.0	3.7
14	Córdoba	5.2	6.2
15	Cundinamarca	10.2	10.9
16	Guainía	1.0	1.2

17	Guaviare	5.2	7.0
18	Huila	3.8	5.2
19	La Guajira	4.7	3.2
20	Magdalena	10.2	9.8
21	Meta	5.0	5.3
22	Nariño	3.1	5.0
23	Norte de Santand.	4.6	7.8
24	Putumayo	1.7	2.5
25	Quindío	5.6	7.0
26	Risaralda	8.3	7.6
27	San Andrés y P	6.2	8.2
28	Santander	6.5	7.8
29	Sucre	3.7	4.4
30	Tolima	6.7	7.1
31	Valle	6.9	7.9
32	Vaupés	2.5	0.8
33	Vichada	2.2	7.0

Fuente: CTRP - Fasecolda, encuesta sistema de información gremial, cálculo CTRP-Fasecolda

El tema en seguridad industrial y salud ocupacional tiene su sustento en leyes, normas, decretos aún vigentes (UGT, 2012), los cuales contiene disposiciones hacia la protección del trabajador y medidas sanitarias, contenidas en la política pública para la protección de la salud en el trabajo, con el fin de que las necesidades de los diferentes responsables sean atendidas y cumplidas. Actualmente se han realizado cambios previsibles en la norma técnica OHSAS 18001 la cual pasa a ser ISO 45001:2016 con el objeto de identificar riesgos y controles, que permiten que la empresa opere bajo condiciones mínimas básicas, esta norma puede ser certificable internacionalmente y se convierte en una ley interna. Los decretos 1443 de 2014 y el 1072 de 2015, reglamentan la ley 100 de 1993 y el decreto 1295 de 1994 en los artículos que competen a la reclasificación de empresas, la investigación del COPASST y al accidente de trabajo y enfermedad profesional con muerte del trabajador.

Esta normatividad legal, alienta a los empleadores y sus empleados, a la participación activa en la planeación estratégica y programación de actividades de promoción y prevención, que conforman el plan integral *SISO*², este debe ser supervisado por organismos del estado y asesorados por las Entidades promotoras de riesgos laborales, con el fin de evitar consecuen-

² Abreviatura que significa sistemas en seguridad y salud ocupacional.

cias al trabajador y con incidencia para las empresas, generando gastos por incapacidades, servicios médicos y pérdida de ingresos.

Por lo tanto surge la siguiente interrogación:

¿En el Municipio de Armenia, las empresas constructoras y los profesionales gestionan el sistema integrado de salud ocupacional y seguridad industrial exigido para los proyectos de construcción?

No se conoce la existencia de investigaciones en Armenia, que permitan evaluar la aplicabilidad de planes integrales en el programa de seguridad industrial y salud ocupacional en las empresas; por lo tanto, se hace necesario la consulta de varios documentos y trabajos de investigación cuyos autores, destacan contribuciones y metodologías que permiten el análisis de las causas de accidentalidad y siniestros ocurridos en las diversas empresas como aporte al tema central de la investigación; Comentan: (Carvajal,2009; Asociación de seguridad, 2009; Cárdenas,2011),la necesidad inicialmente de realizar un análisis de accidentalidad , el cual permite determinar el impacto social y económico de los accidentes, sugiere como el uso una serie de formatos para que sean diligenciados y permitan determinar la causa posible del evento o suceso.

–Establece un modelo a seguir para la sistematización de los procesos ejecutados, en tareas potencialmente peligrosas.

-Recomienda elaborar hoja de datos para establecer sugerencias en la política de salud y seguridad, con supervisión del programa e inspección de procedimientos, cambios de comportamiento y actitud del personal, desarrollo de programas de mejoramiento para la prevención de accidentes como medida para mitigar el riesgo laboral, ejercer control, supervisión e inspección, comprometer a la gerencia para brindar seguridad al trabajador.

(Universidad libre,2011; Suratep,2012; Carter, 2012), en sus documentos: establecen la urgencia de plantear programas de mejora para el sistema de vigilancia en el cumplimiento de las normas, sugiere que el personal calificado es importante para el desarrollo efectivo de programas y desempeño en las políticas de prevención, sugiere modelo de prevención de accidentes con el fin de reevaluar el plan actual mediante el planteamiento de objetivos, implementar acciones para condiciones seguras, manejo integral de accidentes, seguimiento a procesos internos y documentación de procesos de trabajo, mantenimiento de áreas y equipo e implementos de seguridad como dotación para acti-

vidades de alto riesgo, programa software como sistema virtual para identificación de peligros y acciones de mejora en el manejo del riesgo. Este referente en su análisis indica que el sistema integral SISO no ha sido evaluado e investigado, por lo tanto se hace necesario con el aplicativo como encuesta calificar el grado de aplicabilidad de los programas en las empresas y aplicar la guía de control diseñada para una empresa seleccionada.

DISEÑO METODOLOGICO

El alcance geográfico de la investigación es el Municipio de Armenia, su desarrollo inicia identificando los proyectos del sector de la construcción de tipo vivienda, edificaciones y obras civiles.

El diagnóstico sobre la situación de la seguridad y salud ocupacional en estas empresas está representado por empresas constructoras, profesionales de la construcción, que tienen por obligación cumplir las disposiciones contenidas en el estatuto de seguridad industrial en resolución número 1016 de Marzo 31 de 1989.

La investigación se basa en el Decreto 1295 de Junio 22 de 1994 específicamente en el capítulo VI, correspondiente a la promoción y prevención de riesgos laborales, en el cual responsabiliza y obliga al patrono a ofrecer condiciones y ambientes seguros al personal que labora en las empresa para que la ejecución de las tareas sea adecuada y satisfactoriamente.

La promoción y prevención de riesgos laborales plantea para las empresas la ejecución de un plan integral que ayuda y facilita en las diversas áreas de las mismas a identificar las situaciones, eventos de riesgo, sus causas y consecuencias, es considerado como un ejercicio dinámico que puede ser ajustado de acuerdo a las necesidades de cada una de las empresas que conforman esta actividad económica específicamente.

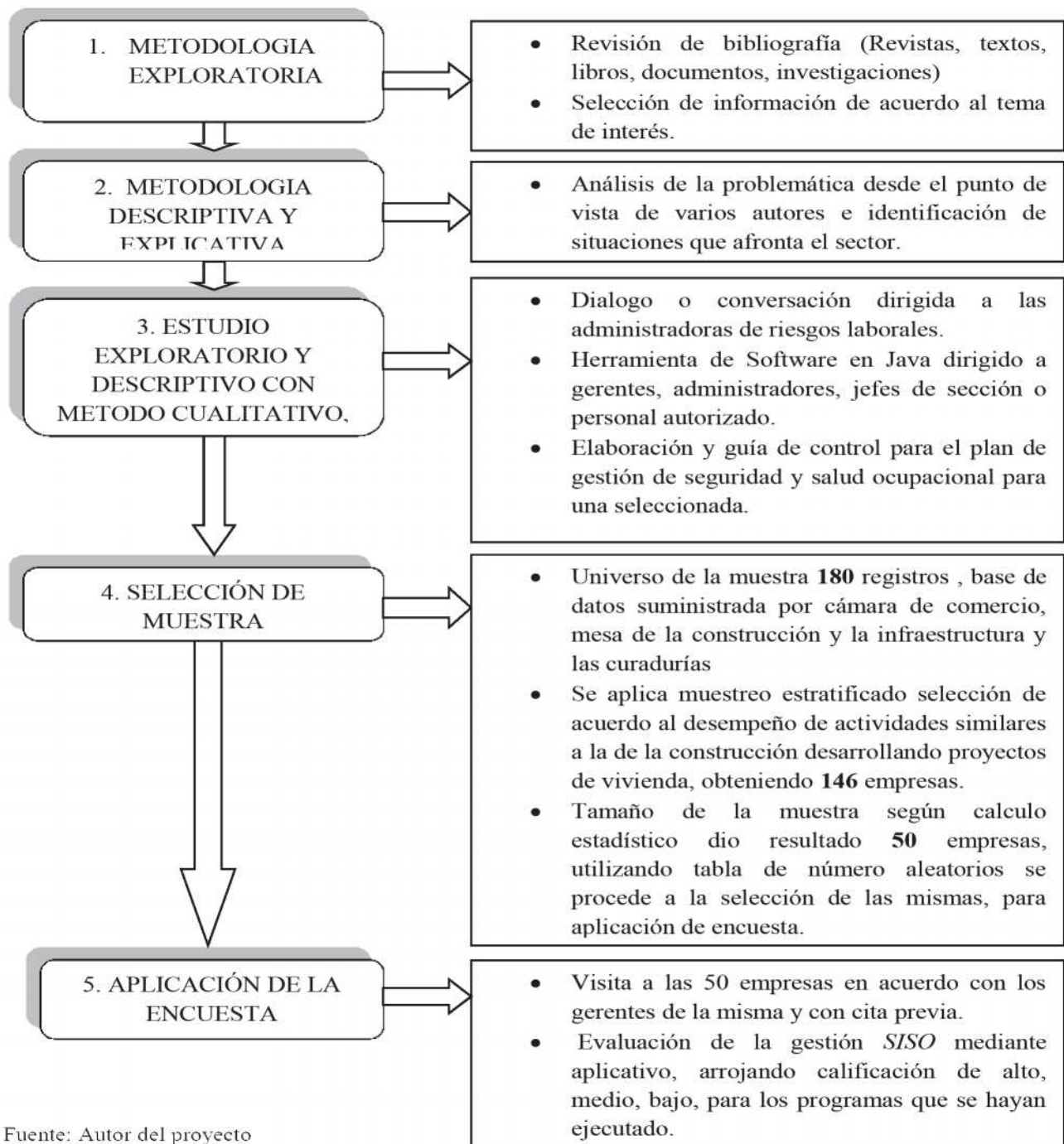
El anterior sistema está compuesto por una serie de programas, los cuales poseen una estructura muy completa y en línea, con un cubrimiento total de la organización en la detección del riesgo, permitiendo una evaluación periódica, de tal manera que las medidas preventivas y/o correctivas sugeridas a través de informes finales sean aplicados oportunamente, con políticas de seguimiento.

Estos servicios especializados son considerados un soporte eficaz en la planeación, prevención y evaluación organizacional, con la ayuda de informes finales establece y sugiere criterios y prioridades a diversos aspectos que requieren solución rápida.

La inexistencia de información sobre el tema propuesto, permite definir acciones urgentes que faciliten adquirir bibliografía, cifras, referentes estadísticos e

historia general de la seguridad y salud de los trabajadores, para el desarrollo final de la investigación.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se realiza un diagrama de flujo detallando las actividades esenciales que permiten en primera instancia explicar información obtenida, cálculos realizados, análisis y resultados alcanzados mediante métodos y técnicas que facilitan el desarrollo del tema propuesto. (Ver Diagrama No. 1)



Fuente: Autor del proyecto

DIAGRAMA N°1 DISEÑO METODOLOGICO

La metodología aplicada es la exploratoria inicialmente en forma cualitativa, ya que no existe información alguna sobre estudios realizados en lo que respecta a la aplicabilidad de los planes integrales *siso*; por lo tanto esta investigación facilita recoger e identificar aspectos puntuales que permitan conocer la problemática planteada según punto de vista de diversos autores con el apoyo de revistas, textos, investigaciones y documentos, sobre la identificación de situaciones que afronta el sector, en lo que concierne a aspectos de seguridad social y salud ocupacional (OIT,2005), facilitando un análisis de las causas de los fenómenos según condición del evento, como también la interpretación cuantitativa en la aplicación de tabulaciones, formulas, gráficas, además del método como instrumento aplicativo de software en java, para la recolección de información en campo y determinar situación actual de las empresas para su respectivo diagnóstico.

El universo de la muestra son todas aquellas empresas constructoras registradas en la base de datos suministrada mediante oficinas de cámara de comercio (2014), mesa de la construcción y la infraestructura (2014), curadurías N°1 y N°2(2014), que realicen actividades similares a la de la construcción desarrollando proyectos de vivienda en el sector, la base de datos obtenida contiene 180 registros de empresas que permiten ser ordenados de menor a mayor y clasificados por actividad y número de trabajadores, se “aplica la técnica de muestreo estratificado³”, obteniendo como resultado del filtro 146 empresas, las cuales serán tenidas en cuenta para el cálculo estadístico y poder establecer así el número de empresas a seleccionar para aplicación de la encuesta.

Conociendo el tamaño de la muestra se procede a aplicar el muestreo aleatorio, utilizando la tabla de números aleatorios. La visita a estas se realiza para identificar los aspectos más relevantes de la gestión **SISO** arrojando datos estadísticos sobre aspectos de gestión en salud ocupacional y seguridad industrial establecidos en la escala básica, *avanzada*, *especializada*, *gestión integral*, con indicadores de calificación así: alto, medio, bajo.

También aplica el estudio exploratorio y descriptivo,

³ Consiste en separar la población de estudio en grupos o sectores respecto a la característica a estudiar, dando como resultado un determinado número de miembros, que serán quienes conformen la muestra.

con método cualitativo, cuantitativo en aplicación de técnicas de sondeo de opinión (fuentes institucionales) y test aplicativo construido en Java; estructurados así:

- Dialogo o conversación dirigida a las Administradoras de Riesgos Profesionales.

- Herramienta de Software en Java dirigido a gerentes, administradores, jefes de sección o personal autorizado, con el objeto de obtener información referente a la aplicabilidad del plan *SISO* en cada empresa.

Finalmente, mediante metodología de gestión integral de proyectos se elabora una guía de control para el plan de gestión de seguridad y salud ocupacional, para una empresa que el proyecto considere necesario y urgente implementar, describir y estructurar políticas, planes, procedimientos, operaciones, acciones correctivas y revisiones respectivas con el objeto de mejorar sus procesos.

ANALISIS DE RESULTADOS

Recolección de información

- La herramienta utilizada es un instructivo que consta de 6 secciones, el cual permite evaluar la situación actual de la empresa, dirigida a las empresas del sector de la construcción según listado obtenido de acuerdo a la selección números aleatorios, específicamente a la sección o área de salud ocupacional del proyecto, mediante cita previa con autorización de la gerencia, aplicativo que tuvo una duración de 1 hora aproximadamente, a través de formato estructurado y sistematizado.(ver Anexo N°1).

Sistematización

- Construcción tabla de datos calificación obtenida. (ver Tabla N° 3).

- Elaboración de figuras teniendo en cuenta los ítems más significativos de la encuesta para su correspondiente interpretación.

Resultados

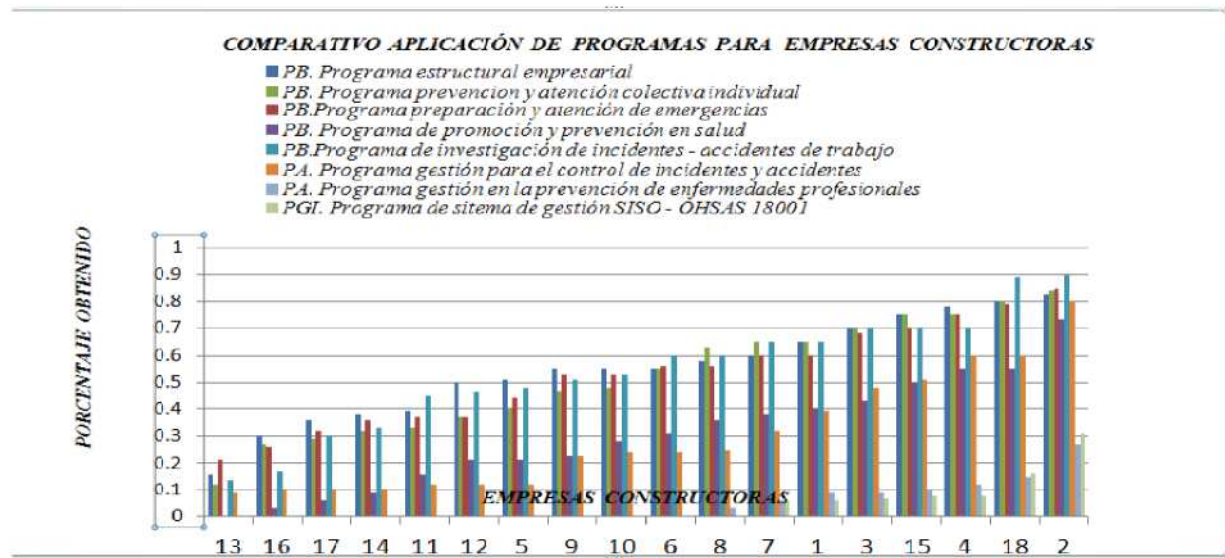
La información recolectada corresponde a 44 formularios y test diligenciados, los cuales equivalen a un 88%, con un error muestral de 0.04 y un nivel de confianza del 95% del total equivalen a un 88%, con un error muestral de 0.04 y un nivel de confianza del

95% del total de 50 empresas a encuestar según cálculo del tamaño de la muestra.

Los datos obtenidos permiten el siguiente análisis:

Porcentaje de aplicación de programas

Para la aplicación de programas se clasifican las empresas constructoras y a los ingenieros, arquitectos constructores a quien se denomina constructores particulares, graficas las cuales contienen los porcentajes de calificación para cada uno de los programas y su respectiva evaluación.(ver-figuras).



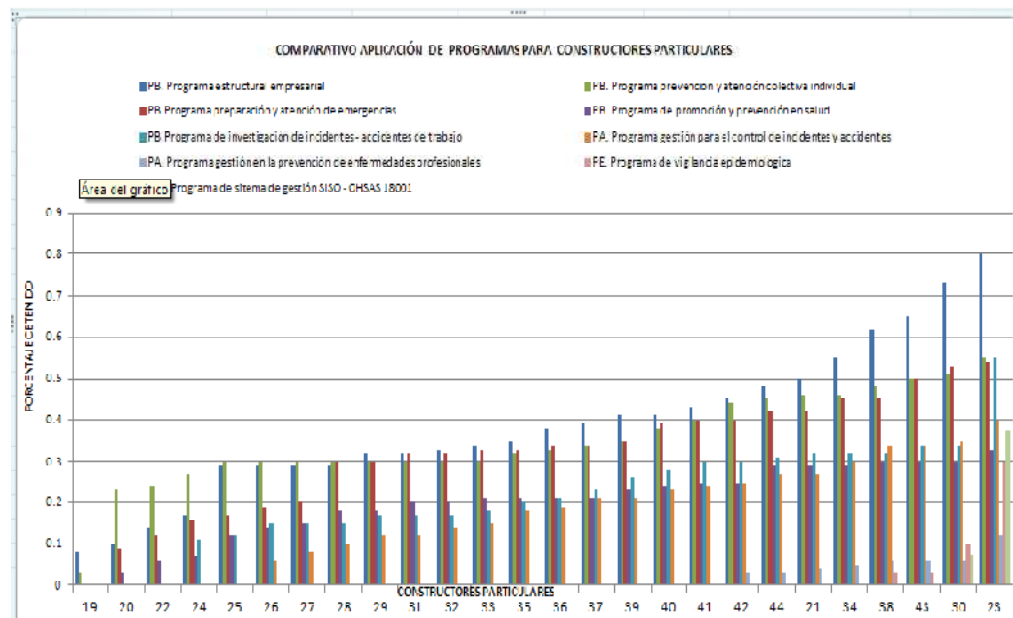
Fuente: Autor proyecto

FIGURA N° 1. Aplicación programas empresas constructoras.

Compara el número de programas ejecutados por cada una de las empresas.

Son empresas reconocidas en el municipio, con trayectoria en el desarrollo de proyectos de vivienda, constituidas legalmente y con una estructura empresarial.

Se encuestaron 18 empresas constructoras que equivalen a un 36% de las 44 encuestas realizadas.



Fuente: Autor proyecto

FIGURA N° 2. Aplicación programas para constructores particulares.

Compara el número de programas ejecutados por cada uno de los ingenieros o gerentes de obra.

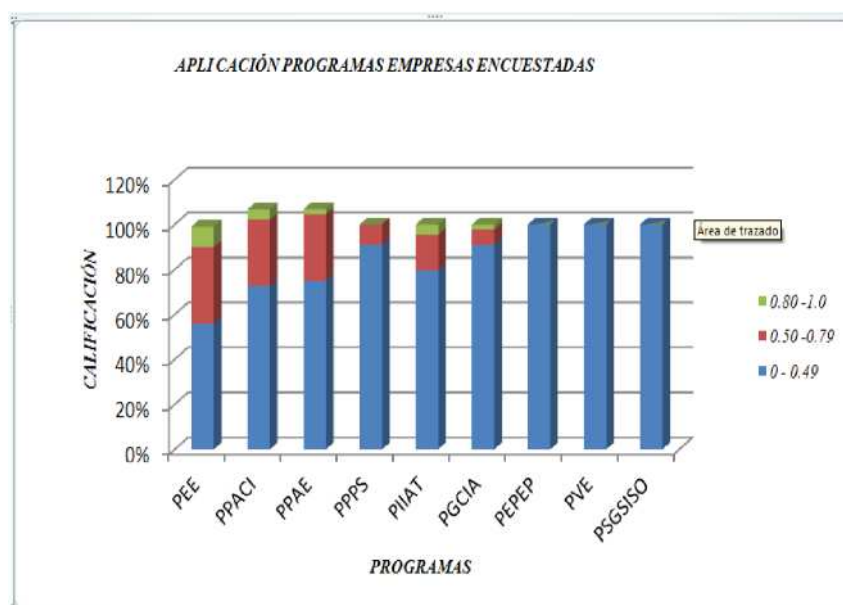
El grupo de constructores particulares lo conforman ingenieros y arquitectos gerentes y administradores de proyectos de vivienda, con reconocimiento a nivel municipal, además de dirigir obras a lo largo del departamento. Se encuentran registrados como empresas constituidas.

Se realizaron 26 encuestas equivalente al 47.27% del total diligenciado.

La figura N°1 y N° 2 muestran que empresas constructoras y los constructores particulares tienen desarrollado en algún grado los programas en salud ocupacional y seguridad industrial, por lo tanto emite el siguiente análisis:

Teniendo en cuenta que son 9 programas se les asigna una nomenclatura para su identificación así:

- 1-PEE: Programa estructural empresarial
- 2-PPACI: Programa de prevención y atención colectiva individual
- 3-PPAE: Programa de atención y preparación de emergencias
- 4-PPPS: Programa de promoción y prevención en salud
- 5-PIIAT: Programa de investigación de incidentes a accidentes de trabajo
- 6-PGCI: Programa gestión para el control de incidentes y accidentes
- 7-PGPEP: Programa gestión en la prevención de enfermedades profesionales
- 8-PVE: Programa de vigilancia epidemiológica
- 9-PSGSISO: Programa de sistema de gestión SISO-OHSAS 18001



Fuente: Autor proyecto.

FIGURA N° 3. Aplicación programas empresas encuestadas. El eje X representa los programas que compone el sistema general en salud Ocupacional y seguridad industrial y el eje Y el valor porcentual de calificaciónSegún grado de ejecución del programa.

A continuación se presentan los datos obtenidos para la evaluación de los programas que las empresas del sector de la construcción tienen ejecutados con su respectiva calificación, los programas aquí enumerados hacen parte y/o conforman el sistema integral de salud ocupacional y seguridad industrial que toda em-

presa debe desarrollar para proporcionar al empleado condiciones seguras de trabajo, lo que proporciona al empleador inmensa satisfacción por dar cumplimiento de lo establecido por la ley, y así evitar y prevenir situaciones de riesgo en las diversas áreas de la empresa.

TABLA N°3. Resultados de evaluación en la aplicación de programas para empresas encuestadas.

PROGRAMAS	RANGO DE CALIFICACIÓN			PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN			TOTAL ENCUESTAS
	0-0.49	0.5-0.79	0.8-1.0	BAJO	MEDIO	ALTO	NUMERO
1.PEE (Programa Estructural Empresarial)	25	15	4	56	34	9.09	44
2.PPAE (Programa de preparación y atención de emergencias)	30	13	1	75	29.54	2.27	44
3. PPACI (Programa de prevención y protección colectiva e individual)	32	10	2	72.7	22.7	4.5	44
4. PPPS (Programa de promoción y prevención en salud)	40	4	0	90.9	9.1	0	44
5. PIIAT (Programa de investigación de incidentes y accidentes de trabajo)	35	7	2	79.5	15.9	4.54	44
6. PGCIA (Programa de gestión para el control de incidentes y accidentes)	40	3	1	90.9	6.80	2.27	44
7. PGPEP (Programa de gestión en la prevención de enfermedades profesionales)	44	0	0	100	0	0	44
8. PVE (Programa de vigilancia epidemiológica)	44	0	0	100	0	0	44
9. PSGSISO (Programa del sistema de gestión SISO-OHSAS 18001)	44	0	0	100	0	0	44

Fuente: Autor del proyecto

La tabla anterior permite realizar el siguiente análisis:
-PEE: Programa estructural empresarial con rango de calificación entre:

0 – 0.49 (25 empresas), 0.5 – 0.79 (15 empresas) y de 0.8 – 1.0 (4 empresas). Las empresas evaluadas con una calificación media corresponden al 34%, bajo al 56% y alto al 9.09% de las 44 encuestas realizadas, entendiendo con ello que algunas actividades no se terminan y otras no se ejecutan, por lo tanto no existe un eficaz direccionamiento estratégico en prevención y promoción del riesgo, además no han identificado como mínimo las condiciones de peligro en el ambiente laboral y no han realizado planes de acción como correctivos.

-PPAE: Programa de preparación y atención de emergencias con rango de calificación entre: 0 -0.49 (30 empresas), 0.5 – 0.79 (13 empresas) y de 0.8 -1.0 (1 empresa). El mayor porcentaje es de 75% con empresas que se encuentran dentro del rango bajo, lo cual indica que solo existe un leve inicio de las actividades a desarrollar, pero no hay un total cumplimiento de

las estrategias establecidas en caso de actuar ante un desastre o amenaza presentes o aun potenciales, indica también la no existencia de procedimientos, protocolos, entrenamientos y formación ante las situaciones que se puedan generar por ocasión de accidentes, concertación de rutas a seguir en caso de desastre o amenaza.

-PPACI: Programa de prevención y protección colectiva e individual; su calificación con un rango de: 0 – 0.49 (32 empresas), 0.5 -0.79 (10 empresas) y de 0.8 -1.0 (2 empresas). Para el rango bajo 32 empresas, muestra el poco compromiso por parte del empleador en brindar al empleado las condiciones y sitios de trabajo seguros para desempeño de actividades, correspondiendo en porcentaje a un 72.7%, empresas que no han establecido procedimientos de trabajo seguro, medidas de protección y cuidado en caso de ser afectados por ocurrencia de eventos que desencadene situaciones de peligro en el desempeño de las actividades.

-PPPS: Programa de promoción y prevención en salud con rango entre: 0 – 0.49 (40 empresas), 0.5 – 0.79 (4 empresas) y de 0.8 -1.0 (0 empresas), correspondiendo a 90.9% para 40 empresas del sector. Este porcentaje evidencia la falta de información de la alta gerencia en no tener como mínimo base de datos de la población trabajadora y situación médica en caso de ser expuesta a situaciones de riesgo.

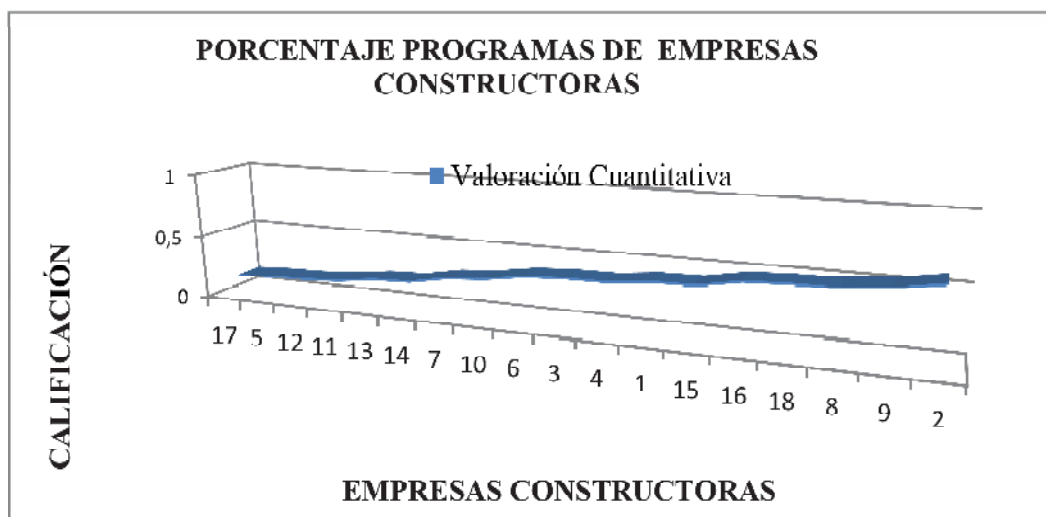
A partir de este programa la calificación para los siguientes no es significativa. Las empresas en su mayoría obtienen calificación de cero, por lo tanto se puede decir no existen diagnósticos de enfermedad profesional, sistemas de vigilancia epidemiológica, ni políticas de calidad que redunden en el bienestar de los empleados y en el desempeño de las empresas, los porcentajes que corresponden a estos programas son: Para PGPEP, PVE, PSGSISO es de 100% para las 44 empresas con calificación baja, algunas empresas evaden las responsabilidades y obligaciones adquiridas en la contratación de sus empleados y han desarrollado sólo instrucciones básicas en lo que a seguridad industrial y salud ocupacional se refiere, no

hay una sensibilización y concientización ante riesgos potenciales y poco compromiso en preservar las condiciones de vida y salud de los trabajadores

Criterio de calificación cuantitativa

La calificación cuantitativa permite dar a conocer el número de empresas que se acogen a las condiciones establecidas en la ejecución y el desarrollo de los programas que hacen parte del sistema *SISO*, el valor calificado como escala de puntaje, busca alertar al dueño de la empresa sobre la políticas y estrategias planteadas; para que estas sean reevaluadas, estudiadas, nuevamente aplicadas con el objeto de un mejoramiento continuo.

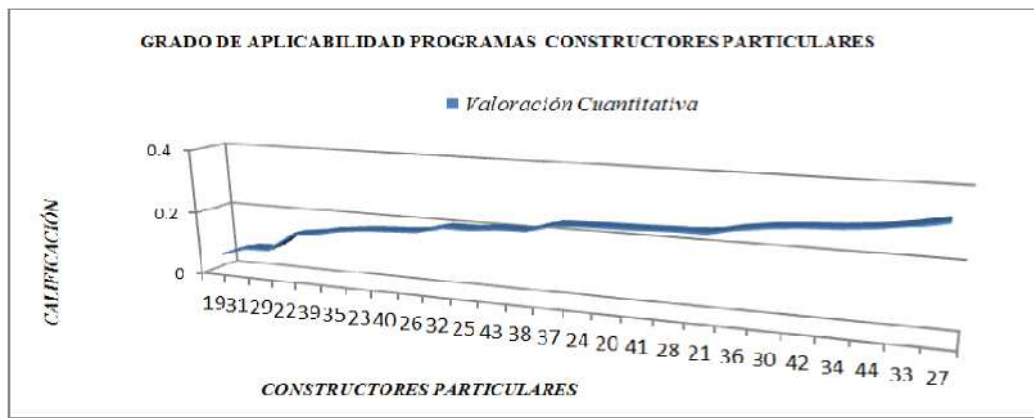
Esta calificación corresponde a la suma de cada uno de los porcentajes de calificación para los 9 programas que conforman el sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, (la Figura N°4), muestra que en las empresas constructoras, en relación a la meta estipulada, sólo 3 obtienen valores de 0.59, 0.534 y 0.502.



Fuente: Autor proyecto.

FIGURA 4. Porcentaje ejecutado de programas por empresas constructoras.

El eje X representa posición de empresas según programas ejecutados y el eje Y corresponde al valor porcentual calificado según programas ejecutados y desarrollados.



Fuente: Autor proyecto.

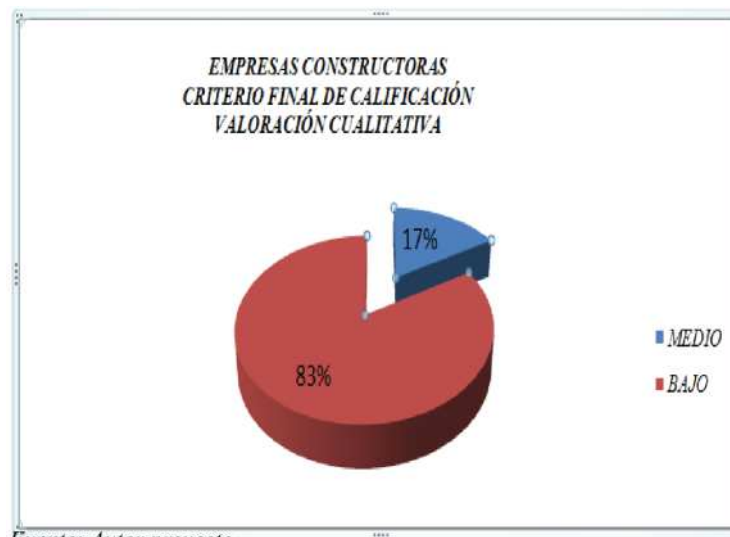
FIGURA N° 5. Calificación cuantitativa constructores particulares

El eje X representa posición de constructores particulares según programas ejecutados y el eje Y corresponde al valor porcentual calificado según programas ejecutados Desarrollados.

Los máximos valores de calificación alcanzados es para 2 empresas con 0.3226 y 0.3064 respectivamente, lo que significa que aun teniendo algún porcentaje de calificación en los programas la suma global de ellos se encuentra en un rango bajo. (ver Figura N°5).

Criterio de calificación cualitativo

Esta calificación permite informar a la empresa el grado de desarrollo y /o aplicación del sistema de gestión SISO, asignando de acuerdo al rango de calificación con un nivel de bajo, medio o alto. (ver Figura N°6).



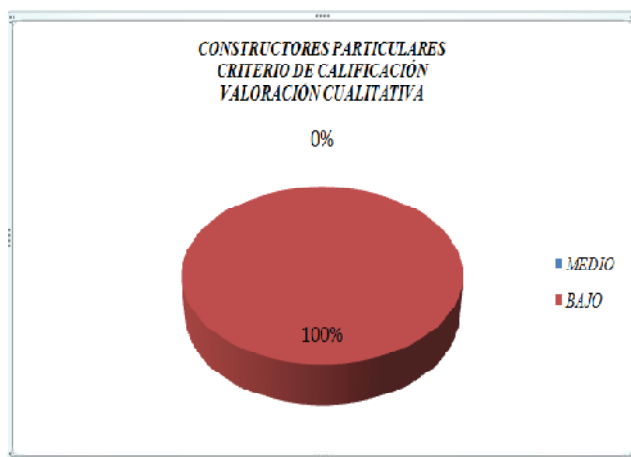
Fuente: Autor proyecto.

FIGURA N° 6. Calificación cualitativa empresas constructoras.

Nivel de desarrollo de los programas que conforman el plan integral de salud Ocupacional y seguridad industrial para las empresas constructoras en el Municipio de Armenia.

Para las empresas constructoras el criterio de calificación en cuanto a valoración cualitativa corresponde: con un 83% a 15 empresas constructoras con grado de desarrollo **bajo** y grado **medio** con un porcentaje del 17% para 3 empresas del sector; lo anterior indica que las empresas no han aprovechado los medios existentes como acompañamiento de entidades

promotoras, asesoras y personal idóneo, sólo se han limitado hacer desde su conocimiento y experiencia el desarrollo de programas sin obtener resultados exitosos por considerar que se incurren en gastos económicos que no están contemplados en los presupuestos de obra.



Fuente: Autor proyecto.

FIGURA N° 7. Calificación cualitativa constructores particulares. Nivel de desarrollo de los programas que conforman el plan integral de salud ocupacional y seguridad industrial para los constructores particulares en el Municipio de Armenia.

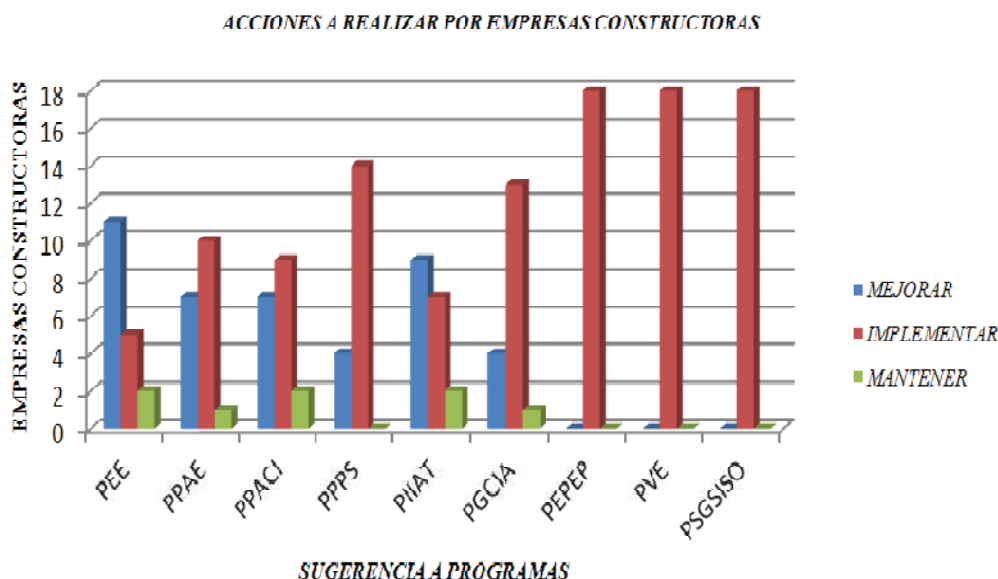
Para los constructores particulares (ver Figura N°7), el grado desarrollo de los programas obtuvo una ca-

lificación de bajo, el cual corresponde al 100% para 26 encuestas, porcentaje significativo y preocupante muestra negligencia por parte de los profesionales del sector ante normas establecidas, responsabilidades y obligaciones adquiridas con respecto al bienestar de sus empleados.

Estos criterios de evaluación de la gestión en seguridad y salud ocupacional, basa su evaluación en cuatro criterios técnicos del plan integral en cada empresa de acuerdo al programa ejecutado con un puntaje establecido permite calificarlo si este se cumple completamente, parcialmente, mínimo o no cumple.

Acciones a realizar

Ítem considerado de gran importancia para el trabajo porque permite de manera gráfica observar para cada uno de los 9 programas la sugerencia de acción a realizar dependiendo el estado en que se encuentre el programa. (Ver Figura N°8).



Fuente: Autor proyecto

FIGURA N° 8. Acciones a realizar por empresas constructoras.

El eje X representa los programas con grado de ejecución y en el eje Y se encuentran localizadas el número de empresas que aplican dichos programas.

La acción a realizar para estas empresas constructoras está determinada por la calificación inicial del programa que el instructivo asigna según grado de desarrollo del mismo, esta calificación es asignada en porcentaje según los siguientes rangos:

De 0 a 49%: Implementar, 50 a 79%: Mejorar, 80 a 100%: Mantener.

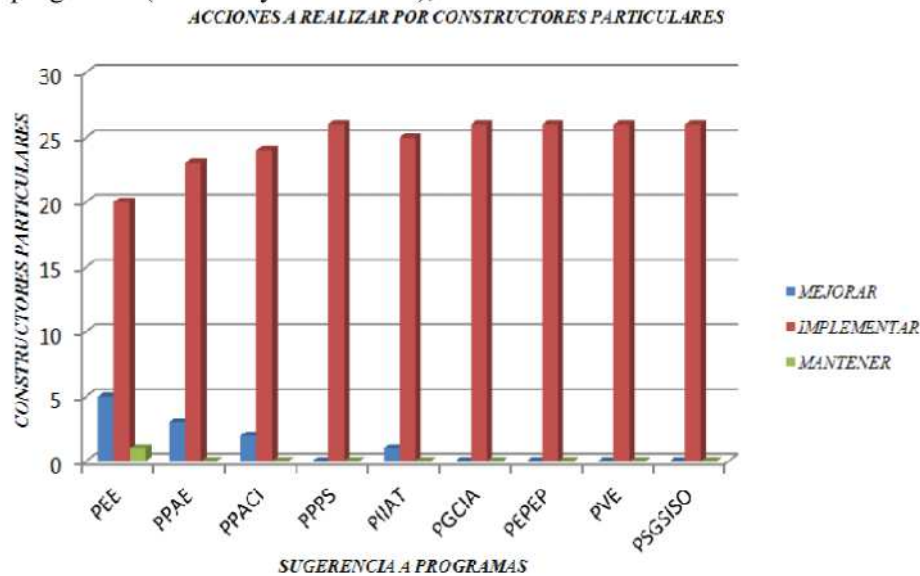
Por lo tanto para las empresas constructoras se recomienda:

Implementar para todos los programas una política de seguridad que permita en algún momento reevaluar procesos para cumplimiento de objetivos y metas trazadas.

Mejorar para 6 programas: (5 básico) y (1 avanzado), con cierto grado de desarrollo, sugiere efectuar cambios, modificaciones y ajustes con el fin de buscar estándares en procesos.

a través de procedimientos con un control y seguimiento constante para garantizar efectividad en los procesos.

Mantener para 5 programas (básico 4 y avanzado 1).



Fuente: Autor proyecto

FIGURA N° 9. Acciones a realizar por constructores particulares.

El eje X representa los programas con grado de ejecución y en el eje Y se encuentran localizadas el número de empresas que aplican dichos programas.

En estas empresas la estrategia de prevención e intervención debe estar dirigida a la disminución de la probabilidad de ocurrencia de accidentes en áreas de trabajo.

Los planes básico, avanzado y especializado contienen una programación establecida para cada una de las actividades que permite aplicar medidas en la estructura empresarial, con el objeto de mejorar condiciones y evitar riesgos.

Estos riesgos generan resultados negativos para el sector, las consecuencias por daños a material, equipo, maquinaria e instalaciones y afecciones al personal son de gran costo económico y es la evidencia del no cumplimiento de una ley establecida que propone prevenir, disminuir y mitigar accidentes.

Para los constructores particulares esta calificación es un llamado de atención en el desarrollo de los 9 programas, recomienda implementar decisiones de gestión en la programación de una política en seguridad industrial teniendo en cuenta aspectos que con-

tribuyan a mejorar desempeños y mantener procesos, procedimientos, actitudes hacia un mejoramiento continuo, apoyado de indicadores que permitan un seguimiento y control en todas las áreas del proceso.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos resultado del aplicativo arrojan el siguiente análisis:

Las empresas constructoras han ejecutado con algún porcentaje 6 programas que corresponden 5 al programa básico y 1 al avanzado del total de 9 que deben ejecutar, entre tanto los constructores particulares obtienen su calificación para los 3 primeros programas del básico.

Se debe tener en cuenta que ni las empresas constructoras, ni los constructores particulares han ejecutado algún programa en su totalidad.

Los porcentajes de calificación máxima se han obtenido en un rango de 0.8 – 0.9 en programas de nivel

básico, pero estos se han visto disminuidos por la calificación en los programas avanzado, especializado y de gestión, donde ha sido cero en valor y por lo tanto el programa tiene un criterio global de calificación en donde integra la calificación de todos los programas.

El grado de desarrollo de la gestión SISO para las 44 encuestas realizadas (las cuales fueron suficientes para establecer la situación actual), evidencia que el **17%** (3 empresas) de estas obtuvo un rango de calificación **media** y 41 empresas restantes obtienen una calificación de **bajo**, por lo tanto se puede decir que para Municipio de Armenia los proyectos de vivienda no poseen políticas de salud ocupacional que ofrezcan a sus empleados ambientes y condiciones seguras de trabajo.

En cuanto a acciones a realizar tanto para empresas constructoras como para constructores particulares en todos los programas la más importante es la de **implementarlos**. Es un llamado de atención para que pongan en marcha aquellos programas establecidos y que estos permitan realizar cambios y mejoras hacia un mejoramiento continuo con el ánimo de estandarizar procesos, actividades que permitan mantener procedimientos y seguir su correcta aplicación.

En el diligenciamiento del aplicativo se pudieron detectar las siguientes situaciones:

Falta de conocimiento de los profesionales de la construcción involucrados en los procesos en lo que concierne al programa de seguridad siso ajustados a la normatividad vigente de manera que se hace urgente que en los pensum de formación académica se involucren asignaturas de esta referencia para que en el tiempo se generen los conocimientos necesarios para poner en práctica la legislación vigente. La poca claridad en cuanto a la documentación, trazabilidad y evidencias que se deben consignar en lo referente a temas siso en el desarrollo de la obra.

Se percibe que las empresas constructoras y constructores particulares creen salvar sus responsabilidades solo afiliando a sus empleados al sistema general de riesgos.

La guía de control diseñada y facilitada, es un aporte para aquellas empresas que no tienen programas establecidos en seguridad industrial y salud ocupacional. Además es una herramienta que permite el manejo del tema a través del seguimiento en cada uno de los ítems propuestos, con el fin de facilitar el manejo, control del riesgo y crear conciencia en fortalecer procesos y actividades en pro de una gestión en *siso* exitosa.

RECOMENDACIONES

Las empresas constructoras y constructores particulares deben asignar rubros para asesorías en seguridad industrial y salud ocupacional contemplados en los presupuestos de obra, con el fin de contratar al personal idóneo que ejecute programas y se pueden tener mejores resultados de gestión.

El estado debe reevaluar la función de los órganos de control en el desarrollo de programas imponer medidas al sector de la construcción que permitan el cumplimiento de los requisitos estipulados en la Ley para mejorar condiciones de trabajo en materia de seguridad industrial y salud ocupacional.

Las administradoras de riesgos laborales deben establecer campañas de sensibilización efectivas donde el sector de la construcción se capacite y asesore sobre los programas del sistema de gestión como solución a los índices elevados de accidentalidad.

Debe establecerse un sistema de gestión integral por parte de las empresas con énfasis en el recurso humano reconociendo que el personal integrante es el componente más importante en la organización y al cual se le deben brindar buenas condiciones de trabajo y salud laboral

BIBLIOGRAFÍA

- Adecuación estructural. 2012. *Informes estadísticos de empresas constructoras*. Armenia. Curadurías N°1 y N°2. Municipio de Armenia.
- Alburquerque P, Walter. 2007. *Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos*. Piura.
- Al-humaidi, HM. Hadipriano, TF. 2004. *Safety construction in Kuwait*, doi. 70-77p.
- Áreas secretarías y Salud Ocupacional. 2012. *Reporte accidentes laborales empresas afiliadas*. ARPS Municipio de Armenia.
- Asociación Colombiana de Seguros. 2010. *Seguridad en Colombia*. Bogotá. Fasecolda.
- Association security of Ontario. 2009. *A guide to developing health and safety policies and programs in construction*. 87-88p.
- Betancur, F.M. 2005. *Salud ocupacional un enfoque humanista: Como gerenciar la salud y la seguridad mediante el estímulo del auto cuidado y la autogestión*. Bogotá, D.C. Editorial McGraw-Hill. Interamericana, S.A. 141p.
- Asociación Colombiana de Seguros. 2010. *Seguridad en Colombia*. Bogotá. Fasecolda
- •Cárdenas Grisales, Paola Milena. 2011. *Evaluación y análisis de las prácticas en seguridad industrial y salud ocupacional en empresas de construcción en Colombia*. Tesis maestría. Bogotá, D.C. Universidad de los Andes. 89p.
- Carter, Gregory. Smith, Simón. 2012. *It tool for construction site safety management*.
- Carvajal Peláez, Gloria Isabel. 2008. *Modelo de cuantificación de riesgos laborales en la construcción: Ries-co. Tesis doctoral*. Valencia. España. Universidad Politécnica de Valencia. 440p.
- Cortés, JM. 2007. *Seguridad e higiene del trabajo: Técnicas en prevención de riesgos laborales*. 9ª edición. Madrid. Editorial Tébar. 771p.
- Departamento de estadística. 2011. *Reporte de accidentes laborales*. Armenia. Hospital San Juan de Dios. (entrevista).
- Enshassi, Adnon. Choudry, Rafiq M. Abu Algumboz Moheeb. 2009. *Seguridad en la construcción*. Ingeniería de la construcción. Vol.24. (N°1): 49-79p.
- Gabriel, Jesús E, Chavarri C, Francisco de Borja. 2010. *Funciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en seguridad en las obras de UE-15(1). Gestión practica de Riesgos laborales*. (N°67). 18p.
- Gerencia sucursal del Quindío. 2012. *Datos estadísticos de accidentes laborales*. Compañía Positiva S.A. Armenia, Quindío.
- Gerencia. 2012. *Obras de construcción de vivienda*. Armenia. Mesa de la construcción y la infraestructura.
- Hoyos T, William. García S, Bertha. 2009. *Estructura metodológica de gestión de calidad, medio ambiente y salud ocupacional*. Universidad Eafit. Vol.45. (N°155): 65-66p.
- Howell, Gregory. 2004. *Safety, quality and enviroment*. 762-764p
- López A, Mónica. Martínez A, María Dolores. Martín G, Esther. 2011. *Análisis de riesgos musculosqueléticos*. Ingeniería de la construcción. Vol. 26. (N°3): 284-298.
- Macchia, JL. 2007. *Prevención de accidentes en las obras: Conceptos y normativas sobre higiene y seguridad en la construcción*. Buenos aires. Editorial Nobuko. 51p.
- Martínez B, Ciro. 2008. *Estadística básica aplicada: Distribuciones muestrales*. 3ª edición. Ecoediciones. 350p.
- Marooszely, M. Karim, Khalid. Davis, Steven. Nik, Artin. 2012. *Lessons learn in developing effective performance measures for construction safety management*.
- Ministerio de comercio, industria y turismo. 2012. *Colombia: nuestros avances y retos para ser un destino de clase mundial*. Agosto. Cartagena de indias.
- Mitropoulos, P. Howell, G. Reiser, P. 2009. *Workers at the edge, hzard recognition and action*.
- OIT (Oficina Internacional del trabajo). 1991. *Manual de educucción obrera: La prevención de los accidentes*. México. 141p.
- OIT (Oficina Internacional del Trabajo). 2000. *Seguridad y salud en el trabajo de construcción: El*

- caso de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Documento de trabajo.* Lima, Perú. 136p.
- Organización Internacional del Trabajo. 2005. *Aseguramiento de riesgos laborales*. OIT.
 - Registros públicos. 2012. *Base de datos de empresas sector de la construcción. Armenia*. Cámara de comercio de Armenia.
 - Sheaffer, Richard L. Mindehall, William. Ott, Lyman. 2007. *Elementos de muestreo*. 6ª ed. España. Paraninfo. 462p.
 - Saurin A, Tarcisio. Formoso T, Carlos. Fabricio, B. 2004. *A human error perspective of safety planning and control*. 675-777p
 - Saurin A, Tarcisio. Formoso T, Carlos. Guimaraes, BM. Soares, AC. 2002. *Safety and production on integrated planning and control model*.
 - Saurin, T. Formoso CT. Cambria, FB. Howell, G. 2008. *A cognitive systems engineering perspective of construction safety*.
 - Superintendencia de sociedades. 2008-2012. Desempeño del sector de infraestructura. Informe. Bogotá, D.C. Septiembre de 2013. 7p.
 - Suratep. Empresa promotora de riesgos laborales. 2012. *Una alianza hacia la seguridad con productividad y calidad para su empresa*.
 - Sauter., Steven L. Joseph J, Murphy. Lawrence R. Levi, Lemart. 1.998. *Enciclopedia de salud en el trabajo*. Chile. Chantal Dufresne, BA. Tomo II, 55p.
 - UGT (Unión General de trabajadores). 2012. *Informe de accidentes de trabajo*. Enero – Diciembre 2011. Aragón, Madrid. 76p.
 - Universidad de Cienfuegos. 2003. *Procedimiento para la seguridad y la salud*. Departamento de ingeniería industrial. Cuba. 9p.
 - Universidad Libre. 2011. *Revista colombiana de la salud ocupacional*. Cali, 1-2p. (Publicación 2(3)).
 - Vásquez M, Heliodoro. 1992. *Productividad y seguridad en el trabajo. Problemática actual de la industria*. 1ª edición. México. Editorial Diana.
 - Walsh, Kenneth. Souhney Anil. 2004. *Agent- based modeling of worker safety behavior at the construction warface*.
 - Zaherawait, Zakarua. Zaliya, H.H. 2008. *Accidents at the construction site in northern area Malaysian experiencied*. Vol.4. (Nº3). 106-116p.

VIRUS Y ENFERMEDADES CRÓNICAS

VIRUSES AND CHRONIC DISEASES



Jhon Carlos Castaño Osorio¹

¹. Grupo de Inmunología Molecular- Centro de Investigaciones Biomedica-
Facultad Ciencias de la Salud. Universidad del Quindío.

Recibido: 5 Noviembre de 2015

Aceptado: 10 Mayo de 2016

*Correspondencia del autor: Jhon Carlos Castaño Osorio. E-mail: jhoncarlos@uniquindio.edu.co

RESUMEN

Los virus como agentes infecciosos cada día se implican en la fisiopatogenesis de un sin número de enfermedades crónicas, de diversos espectros clínicos que van desde las enfermedades mentales, la obesidad, el síndrome de fatiga crónica, la diabetes mellitus y la enfermedad cardiovascular. En este artículo de revisión se hizo un esfuerzo por recopilar la información actualizada de los diferentes agentes virales implicados en la génesis de las enfermedades crónicas antes mencionadas, así como de los posibles mecanismos fisiopatológicos implicados en el desarrollo de estas enfermedades después de la infección viral tanto en animales como en humanos.

Palabras claves: Enfermedades virales, Enfermedad Crónica, Trastornos Mentales, Obesidad, Síndrome de Fatiga Crónica, Diabetes Mellitus, Enfermedad Cardiovascular.

ABSTRACT

Viruses as infectious agents that every day is involved in the pathophysiology of an unlimited number of Chronic Diseases. These diseases exhibit a broad clinical spectrum, ranging from mental illness, obesity, chronic fatigue syndrome, diabetes mellitus and cardiovascular disease. In this review article one effort was made to collect updated information from the different viral agents involved in the genesis of chronic diseases, as well as possibly involved pathophysiological mechanisms in the development of these diseases after infection viral of both animals and humans.

Keywords: Virus Diseases, Chronic Disease, Mental Disorders, Obesity, Fatigue Syndrome- Chronic, Diabetes Mellitus, Cardiovascular

INTRODUCCIÓN

Un virus es un parásito intracelular obligado, es decir que los virus tienen la necesidad absoluta de las células vivas para replicarse. Contiene material genético envuelto por proteínas. Se cree que los virus evolucionaron de componentes celulares -ácidos nucleicos y proteínas- como agentes semiindependientes que solo pueden replicarse mediante la explotación de la energía y los aparatos reproductores de la célula de organismos superiores.

Debido a su pequeño tamaño, los virus se descubrieron mucho tiempo después que las bacterias, hongos y protozoos; las partículas virales pueden ser observadas únicamente con un microscopio electrónico por lo que la naturaleza física de los mismos solo se describió una vez se inventó este tipo de microscopio.

Virus significa en latín: “fluido venenoso”, y eso fue lo que los primeros virólogos creyeron que eran estos organismos patógenos. En la segunda mitad del siglo XIX se lograron grandes avances en el estudio de los microorganismos. Así, en el laboratorio de Pasteur, Charles Chamberland diseñó y creó un filtro que retenía hasta las bacterias más pequeñas; luego Iwanowski (en Rusia) y Beijerinck (en Holanda) demostraron que se podría transmitir una enfermedad de plantas (el mosaico del tabaco) mediante extractos de líquido que había sido pasado a través del filtro de Chamberland y que por tanto, no podía contener bacterias. Poco tiempo después también se logró transmitir la glosopeda a reses mediante filtrados libres de bacterias. Entonces fue obvio que había otros agentes de naturaleza infecciosa, más pequeños que cualquier bacteria conocida, pero capaces de causar una amplia gama de enfermedades en plantas y animales. Posteriormente al poco tiempo, Beijerinck demostró que aquello que causaba el mosaico del tabaco, solo crecía en células vivas y no era posible multiplicarlo en los medios de cultivo para bacterias. En esa época aún no se disponía de las técnicas de cultivo celular en el laboratorio, por lo que debió recurrir a animales y plantas completas para realizar los primeros trabajos de infecciones virales. En el año de 1928, se logró por primera vez, el cultivo de virus en suspensiones de tejido renal macerado. En

la siguiente década, se logró la propagación de numerosos virus en embriones de pollo, pero gracias al descubrimiento de los antibióticos entre los años 1940 y 1950, y con su adición a los medios de cultivo celular, se pudo evitar la contaminación de estos con hongos y bacterias, pudiendo utilizar esta técnica de laboratorio desde esta época hasta nuestros días como una poderosa e indispensable herramienta para el aislamiento y cultivo y comprensión de los fenómenos de biología celular y molecular de los virus. En el presente siglo, gracias a las técnicas moleculares se han podido identificar y estudiar virus hasta ahora desconocidos, los cuales no son posible cultivar en el laboratorio por los métodos convencionales. En el laboratorio se ha podido sintetizar el virus de la poliomielitis como una entidad infecciosa, también se han podido construir virus quiméricos atenuados como la vacuna para el Dengue de Laboratorios Sanofi-Pasteur®. A pesar de estos adelantos en biología molecular y computacional, algunos de los virus emergentes se continúan descubriendo por los métodos clásicos de cultivo celular y con ayuda del microscopio electrónico (1),(2),(3) .

Estructura viral:

Los virus son básicamente un paquete de información genética (ARN o ADN) contenido en una estructura proteica que lo protege. Sus componentes básicos son (4) :

- Ácido nucleico (ARN o ADN), los cuales pueden ser de cadena simple o de doble cadena y de polaridad positiva o negativa.
- Proteínas estructurales, que forman a la partícula viral.
- Proteínas no estructurales, tales como las enzimas.
- Cápside, la cubierta externa, constituida por capsómeros, que son hilos de polipéptidos entrelazados de tal manera que semejan "bolas de lana".
- Cápside + ácido nucleico = Nucleocápside.
- Algunos virus tienen una envoltura lipídica cuyo origen es la misma membrana plasmática de la célula hospedera. La partícula viral completa + envoltura externa (si se encuentra presente) = Virión, ver figura 1.

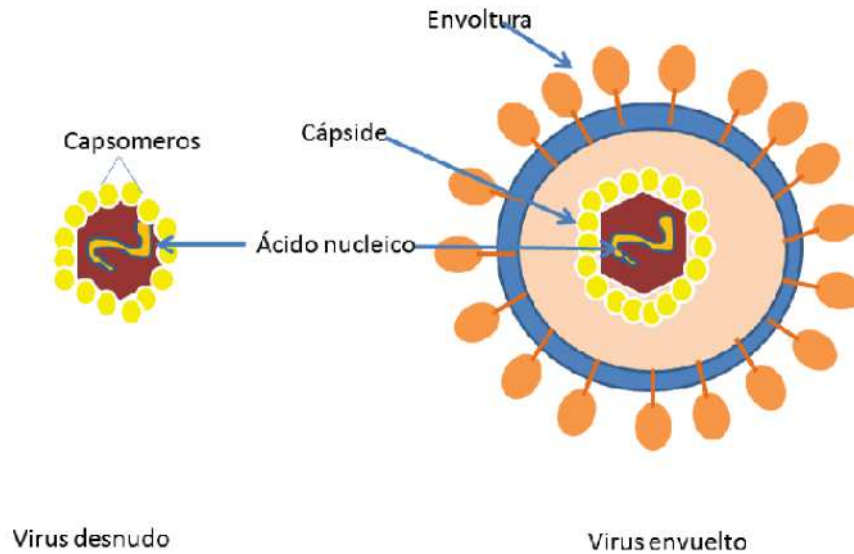


Figura 1. Estructura viral, tomado y modificado de Raismat et al, 2007(5)

Replicación viral:

Al ingresar a la célula hospedera, el viru utiliza enzimas, algunas codificadas en su propio ácido nucleico (ADN o ARN) y otras proporcionadas por la célula hospedera; con estas enzimas transcribe y replica su información genética, además utiliza los mecanismos de síntesis de la célula infectada (P.ej: ribosoma) para producir los componentes proteicos de su progenie (6) (7) ver figura 2.

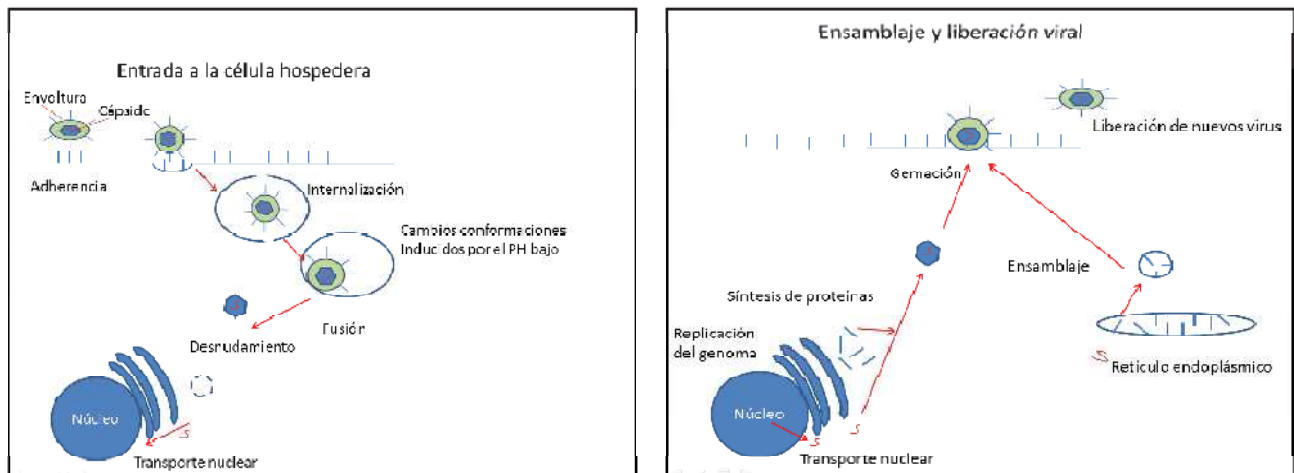


Figura 2. Ciclo viral tomado y modificado de Fénéant et al, 2014(7)

Enfermedad mental y virus

El compromiso neurológico como consecuencia de la infección por el virus en los seres humanos es bien reconocido, lo cual por ejemplo se puede ver en la Rabia y en la demencia asociada a Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida, donde el comportamiento anormal y la confusión son síntomas comunes. Por lo tanto, no es ninguna sorpresa que la infección por virus neurotrópicos cause alteraciones mentales.

El agente viral mejor caracterizado en esto es el virus de la enfermedad de Borna (BDV), el cual causa una enfermedad de origen infeccioso a nivel del Sistema Nervioso Central (SNC), en muchos animales vertebrados

como caballos, ovejas, pájaros, conejos, gatos, vacas, cabras, perros, ciervos, alpacas, llamas, gatos, lince, hipopótamos, perezosos, monos Vari (*Memur variagatus*) y avestruces (8)(9). El virus establece una infección persistente no citolítica, que frecuentemente resulta en severos desórdenes inmunopatogénicos en el SNC y se manifiesta como anormalidades en la conducta (10)(11).

En los humanos, se ha propuesto con agente causal de enfermedades neurológicas y psiquiátricas, pero esta hipótesis continúa en controversia. El BDV es un virus neurotrópico, es un virus envuelto, no lítico, con ARN de cadena simple, no segmentado, de polaridad negativa y no segmentado con un genoma de 8.9 kb que codifica 6 proteínas (ver tabla 1). La replicación y transcripción de su genoma, ocurre en el núcleo de la célula hospedera (11). Es el único miembro de la familia Bornaviridae del orden de los Mononegavirales, que también incluye las familias Filoviridae, Paramyxoviridae y Rhabdoviridae. Tiene una morfología esférica con un diámetro de 70 a 130 nm. Posee un núcleo interno denso (50-60 nm) y una membrana externa con espículas de aproximadamente 7 nm de longitud (ver figura 3). Se conocen cuatro cepas: Borna V, Borna HE/80, Borna No/98 y Borna H1766, cuyos genomas han sido secuenciados y la homología entre secuencias es del 80 al 98 % (5)(10)(11)(12).

El interés en la enfermedad de Borna (BD) y su agente causal se reactivó en la década de 1970, cuando Rott, Ludwig y sus colegas retomaron la investigación sobre BD y comenzaron a centrarse en la identificación del agente y los mecanismos de patogénesis en modelos animales como la musaraña de árbol, el conejo y la rata. A principios de la década de 1980, las observaciones de Narayan de una enfermedad bifásica en ratas adultas infectadas, caracterizados por hiperactividad inicial y excitabilidad seguido de disminución de la locomoción, llevó a algunos investigadores a sugerir una analogía con el trastorno bipolar en los seres humanos (13).

Puerto et al en el 2004 reportaron en México un estudio serológico en 70 pacientes con diagnóstico de esquizofrenia y en 70 controles sanos en quienes determinaron la presencia de anticuerpos contra el antígeno GST- P de BDV mediante Western blot, encontrado una seroprevalencia contra la proteína GST-P de 21,43 %, mientras que no se encontraron anticuerpos en los sueros de los sujetos control. Estos resultados

son semejantes a lo reportado en la literatura que apoyan la posible asociación entre la presencia de anticuerpos contra el virus de Epstein-Barr (VEB) y los trastornos psiquiátricos (10).

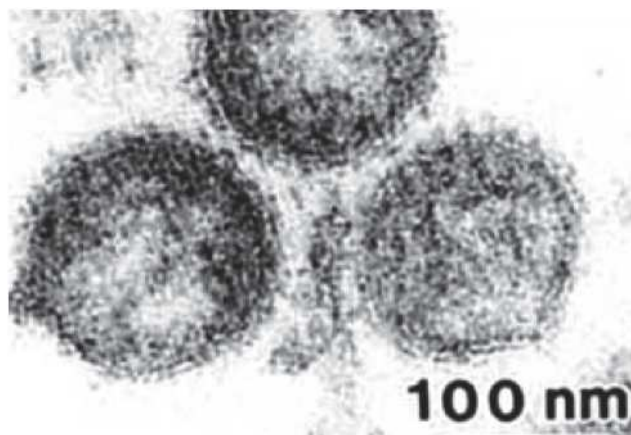


Figura 3. Microscopia electrónica donde se observa la morfología del virus de la enfermedad de Borna (BVD). Tomado de Collins R, 1989(14).

Tabla 1. Principales proteínas del virus de la enfermedad de Borna. Tomado de Collins R, 1989(14).

Proteínas principales del virus de la enfermedad de BDV		
Proteína	Tamaño (KDA)	Función putativa
NP(p40)	41	Proteína de cubierta, nucleocápside, antígeno principal.
p10	9	Replicación nuclear/ transcripción?
p24	22	Fosfoproteína, antígeno principal
M	16	Proteína de matriz, estabiliza la forma del virus
G	56	Glicoproteína, proteína de envoltura, necesaria para la infectividad
L	180	Polimerasa de ARN dependiente de ARN.

El virus interfiere con la neurotransmisión debido principalmente, a la respuesta inmune, mediada por mecanismos dependientes de linfocitos T contra las células del sistema nervioso central infectadas persistentemente (8), causando alteraciones conductuales (como perturbaciones en el comportamiento o la marcha) que varían de una especie a otra, aunque la infección sin síntomas también se ha reportado. Los animales infectados por BDV muestran cambios en el comportamiento: ansiedad, agresividad, separación del rebaño e hiperactividad.

Desde mediados de la década de 1980 ha habido un

interés en el posible papel de BDV como agente causal de enfermedad psiquiátrica en humanos (9). Las infecciones en humanos pueden cursar sin fiebre, sin cambios mentales o signos típicos de encefalitis idiopáticas, pero podrían inducir signos psiquiátricos como: enfermedad bipolar, depresión, esquizofrenia, manía, ansiedad, desórdenes cognoscitivos, disquinesia tardía, disfunción social, desórdenes auditivos y enfermedades idiopáticas. Si ocurre en los tres primeros años de vida, puede ocasionar autismo, ansiedad crónica, déficits cognoscitivos y desarrollo anormal del cerebelo y del hipocampo. Se ha encontrado que los pacientes con esquizofrenia y depresión tienen una alta tasa de seroprevalencia de anticuerpos específicos contra BDV, así como altos niveles de transcritos de BDV en la sangre comparado con los controles sanos (15). Los cambios en el comportamiento asociados al BDV, pueden deberse a alteraciones del sistema dopaminérgico, como disminución de receptores D2 y D3. Además, se han descrito otras alteraciones, como cambios en niveles de ARNm de colecistoquinina, ácido glutámico descarboxilasa, y somatostatina que pueden ser consecuencia de la respuesta inflamatoria (9).

Chen et al, 1999, realizaron un estudio de seroprevalencia en los familiares de los pacientes con enfermedad mental y en el personal que trabaja en los centros de salud mental de Taiwán, encontrando en ambos grupos una alta seroprevalencia de anticuerpos específicos contra BDV, de 12,1 % y 9, 8 %, respectivamente y mayor que los controles. Planteando que estos resultados proveen evidencia de la posible transmisión del virus de la enfermedad de Borna de humano a humano (16). Ver tabla 2 y 3.

Lieb et al, 2001; tras analizar la literatura disponible, concluyen que no hay evidencia experimental fuerte que soporte la noción de que BDV sea un patógeno humano. Pero sin embargo persiste la posibilidad que los antígenos relacionados con este agente se asocien con desórdenes psiquiátricos en humanos (17).

Según Dietrich et al, 2008; los pacientes con desórdenes afectivos tienen una mayor prevalencia de infección por BDV, y este virus causa una infección latente preferiblemente en el sistema límbico, por lo que se sugiere una asociación causal con alguno subtipos de los desórdenes afectivos, especialmente con hallazgos clínicos de melancolía o con bipolaridad. Y realizaron el primer reporte del uso de un antiviral, la Amantadine para el tratamiento de desórdenes afectivos en pacientes infectados con BDV y que presentaban depresión u otros desórdenes afectivos como hipomanía severa o moderada, trastorno bipolar, logrando una reducción de la sintomatología clínica, lo que sugiere la existencia de una relación de la etiopatogenia de algunos subtipos de desórdenes afectivos y el BDV (18). Además, los estudios han demostrado que el aciclovir no alivia los síntomas, pero en cambio el Valacyclovir si los reduce. La ribavirina ha demostrado ser son muy promisorias, se ha usado para el tratamiento de BDV persistente en células infectadas in vitro y también se ha usado por vía intracerebral en humanos. Igualmente, el Interferón- α es eficaz contra BDV en cultivos celulares con infección persistente; y en ratones infectados, el interferón- γ inhibe la replicación del BDV y protege las células no infectadas (18). Por último, los análogos de nucleósidos han demostrado inhibir BDV in vitro o in vivo, así como el uso de anticuerpos monoclonales neutralizantes es otro enfoque para el tratamiento de la infección BDV (18).

Tabla 2. Hallazgos de inmunoreactividad de sueros contra BVD en pacientes con varias enfermedades psiquiátricas. Tomado y modificada de Barrantes-Rodríguez, 2006(8). Bode (18). Collins(14), Fukuda (19)

Enfermedad	Prevalencia de la enfermedad	Control	Ensayo inmunológico	País	Referencia
	1,1-5,5 %	0 %	WB	Japón	(19)
	0,6-30 %	0-11,1 %			(14)
	2 %			Japón	(19)
	92,6 %	32,3 %	CIC		(15)
	4,2-37	0-16			(14)
	20 %	0 %	WB		(12)
	0-1 %	0 %	IFA/WB	Japón	(20)
	9 %	0 %	WB	Japón	(19)
	14-32 %	1,5-20 %			(14)

Tabla 3. Prevalencia RNA de BDV en varias enfermedades mentales. Tomado y modificada de Barrantes-Rodríguez, 2006(8). Bode(18). Collins(14).

Condición	Prevalencia RNA de BDV en varias enfermedades mentales	%
	Enfermos	Control
Psiquiátricos (varios)	9,5-66,7	0-15,4
Desórdenes afectivos	0-33,3	0
Esquizofrenia	0-63,6	0

Los estudios sobre la asociación de la infección por el virus de la enfermedad de Borna han sido inconsistentes, Horning et al en el año 2012, realizaron el primer estudio ciego, de casos y controles multicéntrico, y sus resultados permiten argumentar fuertemente en contra de un papel para BDV en la patogénesis de estos trastornos psiquiátricos, dado que no hallaron asociación entre la presencia del virus y las enfermedades psiquiátricas (21).

OTROS VIRUS IMPLICADOS EN LA ENFERMEDAD MENTAL

Además, se han asociado otros virus como posibles agentes causales de enfermedad mental, de acuerdo a Vergara-Rodríguez et al 2009, las personas infectadas con HIV tienen tasas más altas de enfermedades mentales que la población general (22). Himelhoch et al, 2009 comentan una serie de estudios donde se reporta un alto riesgo de infección por el virus de la hepatitis C (VHC) en individuos con enfermedades mentales serias, por ejemplo refieren prevalencias entre 8,5 % y 19,5 % de VHC en pacientes que recibían tratamiento para enfermedades mentales. En personas con esquizofrenia y desorden bipolar se han reportado prevalencias para VHC de 10,5 % y 23,3 % respectivamente. La prevalencia de VHC en los diferentes estudios consultados por estos autores representan un incremento de la prevalencia de las personas con enfermedades mentales entre 6 a 16 veces más que la prevalencia reportada en la población general, sin embargo no se ha implicado en virus en la fisiopatogenia de las enfermedades mentales, sino que esta mayor prevalencia se ha explicado por el uso de sustancias ilícitas por vía endovenosa por las personas con enfermedades mentales (23).

Virus y Obesidad:

La obesidad es una enfermedad crónica de origen

multifactorial en el que contribuyen factores nutricionales, genéticos, estacionales, endocrinos, farmacológicos o virales, que actualmente ha tomado proporciones pandémicas, su prevalencia se ha incrementado dramáticamente desde los años 80 no solo en los Estados Unidos, sino en el mundo entero, tanto en países desarrollados como en países en vía de desarrollo (1). Esta rápida diseminación es compatible con un origen infeccioso; se han implicado 5 virus animales y 3 virus humanos que se ha mostrado que causan o inducen obesidad, ver tabla 4.

Los virus animales obeso-génicos incluyen el virus del moquillo canino, el virus asociado a Rous tipo 7 (RAV-7), el virus de la enfermedad de Borna, el agente del scrapie y el adenovirus aviar SMAM-1. Los primeros 4 virus atacan el SNC para producir la obesidad, mientras el adenovirus aviar SMAM-1, de los cuales, solo dos ocurren en humanos: Ad-36 y el adenovirus aviar SMAM-1., actúa directamente en los adipocitos y se ha asociado con obesidad en los humanos (24)(25)(26).

Los 3 adenovirus (Ad) 36, Ad-37, y Ad-5, que se han asociado con la obesidad, afectan directamente los adipocitos. Estos virus estimulan enzimas y factores de transcripción que causan la acumulación de triglicéridos y la diferenciación de preadipocitos en adipocitos maduros (24).

Bernard et al, 1998 reportaron en un modelo animal de ratones albinos suizos recién destetados infectados agudamente con el virus del moquillo canino, que más del 30 % de los animales desarrollaron una hiperinsulinemia y después de esto presentaron un síndrome de obesidad. El análisis de la composición de lípidos en varios órganos, revelaron que comparado con los animales control, los obesos inducidos por la infección viral, tenían acumulación de triglicéridos tanto en el hígado como en el tejido adiposo, también se observó una disminución de la lipogénesis en el tejido graso blanco de los ratones obesos (27).

Haciendo un recuento cronológico de las evidencias, Bernal et al, 1998, reportan que el virus del moquillo canino induce hiperinsulinemia en ratones, la cual se correlaciona con la aparición de obesidad (27). Dhurandhar et al, 2002, encuentran que el Ad-36 promueve la ganancia de peso en primates no humanos, en los que encontró una asociación positiva entre los niveles de anticuerpos con el peso y los niveles plasmá-

ticos de colesterol 18 meses después de la aparición de anticuerpos contra este virus (28). Además, estos mismos investigadores en un estudio experimental aleatorizado de hembras de monos titi (género: *Callithrix*) inoculadas con Ad-36 mostraron que ganaron tres veces más peso, aumento de grasa y niveles de colesterol bajo comparado con los animales no inoculados. Demostrando que el efecto promotor de adiposidad de Ad-36 ocurre en dos especies de primates no humanos (28).

Vangipuram et al, 2004, encontraron en modelos animales con pollos, ratones y primates no humanos infectados experimentalmente con Ad-36 un incremento de la adiposidad, además en humanos se ha reportado que los anticuerpos contra Ad-36 se han asociado con obesidad. Por lo que realizaron un estudio conducente a dilucidar los mecanismos moleculares responsables de estos hallazgos, para lo utilizaron una línea de preadipocitos murinos (3T3-L1) como modelo para determinar los efectos de la infección por Ad-36 en la diferenciación de estas células a adipocitos maduros. Utilizaron Ad-2, un adenovirus humano conocido como no adipogénico como control negativo de los experimentos, encontrando que en las células infectadas con el Ad-36 se incrementó el número de diferenciación hacia adipocitos, mientras Ad-2 no promovió esta diferenciación (29). Este mismo autor en 2007 encontró que este virus es adipogénico, reduce la expresión y la secreción de leptina y aumenta la captación de glucosa por las células grasas, así como la expresión de genes claves en la lipogénesis de Novo, como la acetil Co-A carboxilasa, sintetasa de ácidos grasos. Además refiere que el papel de este virus en la obesidad de los humanos sigue sin esclarecerse (30). Whigham et al, 2006 y Atkinson en el 2005, afirmaron que el Ad-36 incrementa la adiposidad en pollo, ratones, primates no humanos y se ha asociado con obesidad en los humanos, y paradójicamente, reduce los niveles séricos de colesterol y triglicéridos en modelos animales. Por su parte Whigham et al, 2005, encontraron que en pollos inoculados con Ad-37, la grasa corporal total se elevó significativamente, presentaron un mayor peso, así como incremento en los valores de colesterol sérico, mientras se redujeron los valores de triglicéridos y también este virus causó

un incremento en la diferenciación de los adipocitos. No ocurriendo esto en los animales inoculados con los adenovirus humanos Ad-2. En resumen, Ad-37 es otro adenovirus humano que incrementa la adiposidad y reduce los triglicéridos en modelos animales. Sin embargo, la respuesta de los niveles séricos de colesterol es opuesta al Ad-36 (31)(32).

Ergin et al, 2015, realizaron un estudio de cohorte en voluntarios para determinar la prevalencia de anticuerpos contra Ad-36 en personas obesas y no obesas y evaluaron la asociación de la presencia de estos anticuerpos con el índice de masa corporal (IMC) y los lípidos séricos. Encontraron una asociación estadísticamente significativa de la obesidad y la positividad de anticuerpos contra Ad-36, independiente de edad, sexo, y procedencia. Así como de niveles bajos de colesterol y triglicéridos séricos en sujetos con anticuerpos anti Ad-36 positivos comparados con los seronegativos. Además, el análisis en gemelos mostró que los gemelos con anticuerpos positivos tenían un IMC más alto (24,5 +/- 5,2 vs 23,1 +/- 4,5 kg / m², P <0,03) y el porcentaje de grasa corporal mayor (29,6 +/- 9,5% vs 27,5 +/- 9,9%, P <0,04). No observaron ninguna asociación de anticuerpos contra Ad-2, Ad-31 o Ad-37 con el IMC o lípidos séricos. Concluyendo que el Ad-36 está asociado con un incremento de peso corporal y disminución de los lípidos séricos. Los estudios prospectivos indican que el Ad-36 juega un papel en la etiología de la obesidad humana (33).

Tabla 4 : Virus animales y humanos que producen obesidad Tomado de: Atkinson RL, 2007 (24).

Virus	Año del reporte
Animal	
Virus del moquillo canino	1982
Virus Asociado Rous tipo 7	1983
Virus de la enfermedad de Borna	1983
Agente del Scrapie	1987
Adenovirus aviar SMAM-1	1990
Humano	
Adenovirus 36	2000
Adenovirus 37	2002
Adenovirus 5	2005

Tabla 5. Obesidad en animales a los que se les inyectaron virus o priones Tomado de Shors T, 2009 (1)

Virus o agente infeccioso	Modelos animales	Observaciones acerca de la obesidad	Mecanismo de la obesidad
Virus del moquillo canino	Ratones, pollos	Peso corporal; aumenta el tamaño y el número de células adiposas; el 26 % de los ratones sobrevivientes fueron obesos	Regulación del receptor de leptina
Virus asociado al sarcoma de Rous-7	Pollos	Depósito de grasa alrededor del buche y el pániculo adiposo abdominal en las aves	Mecanismo molecular no propuesto
Virus de la enfermedad del Borna	Ratas	Las ratas que sobrevivieron fueron obesas	Daño hipotalámico
Agente de la encefalopatía espongiforme ovina(Scrapie)	Ratones, Hámster	Se observa obesidad en los hámster	Alteraciones del eje hipotalámico-hipofisiario-suparrenal
Adenovirus aviar SMAM-1	Pollos	Desarrollo excesivo de grasa visceral	Mecanismo molecular no propuesto
Adenovirus humano-36	Pollos, Ratones, Monos	Incremento del tejido adiposo	Mecanismo molecular no propuesto

Aunque hoy en día se conocen mejor las infecciones que causan obesidad por medio de lesiones del SNC, la infección por Ad-36 afecta directamente el tejido graso, suscitando dudas sobre el componente central en este caso.

Esposito et al, 2012 realizan un análisis de la literatura sobre los estudios que relacionan la obesidad humana con el adenovirus 36 (AD-36). Analizan 7 estudios sobre AD-36 y obesidad en animales, encontrando que a pesar de utilizarse diferentes modelos animales (pollos, ratones, ratas, hámster, primates no humanos) la infección con AD-36 llevó a un fuerte aumento en el peso corporal debido a la acumulación sustancial de grasa, igualmente causa alteración de los valores de colesterol total y triglicéridos. En el caso específico de los hámsteres se describió además una disminución de los niveles de CT, alteraciones en los valores de HDL y LDL, así como un aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular. En los 6 estudios de obesidad en adultos humanos señalan una asociación significativa entre la obesidad y la seropositividad contra AD-36 en solo 2 de estos estudios; mientras en los 3 estudios de obesidad en niños e infección por Ad-

36 se reportaron asociaciones estadísticamente significativas. Encontrando que las evidencias sugieren la necesidad de más estudios para evaluar si existe o no asociación entre la presencia de anticuerpos contra AD-36 y la obesidad. Si se demuestra que AD-36 juega un papel en la obesidad, será importante para investigar posibles vacunas contra la infección en sí o las drogas antivirales tienen capacidad de inhibir la progresión de la enfermedad (34).

Virus y síndrome de fatiga crónica

El síndrome de fatiga crónica (SFC) es un trastorno devastador y complejo. Las personas con SFC tienen un cansancio abrumador y una gran cantidad de otros síntomas somáticos o neuropsicológicos, como: fatiga severa, mialgias, linfadenopatía, dolor de garganta, estrés y depresión, que no mejoran con el descanso en la cama y que pueden empeorar con la actividad física o el esfuerzo mental y dura 6 o más meses. A menudo realizan actividades a un nivel sustancialmente menor de lo que eran capaces antes de la aparición del trastorno (35)(36)(37)(38)(39).

Tabla 6. Agentes infecciosos propuestos como causa de síndrome de fatiga crónica Tomado y modificado de (37) C, 2015 .

Agentes infecciosos propuestos como causa de síndrome de fatiga crónica		
Agente etiológico propuesto	Estudios sugestivo	Estudios negativos
Virus Epstein Barr	3	6
Cytomegalovirus	2	4
Herpes virus 6	4	6
Herpes virus 7	1	4
Herpes virus 8	-	3
Enterovirus	3	5
Parvovirus	2	3
GB virus-C	-	1
Espumavirus humano	1	-
Bornavirus	2	1
Retrovirus humanos	1	2
Retrovirus Xenotrópico murino	2	5
Borrelia burdorferi	1	2
Brucella sp	1	1
Mycoplasma	2	1
Candida albicans	2	1

Papel de la infección: la causa infecciosa del SFC ha sido propuesto (Ver Tabla 6), pero la evidencia no es reproducible para un solo agente infeccioso como responsable de una proporción significativa de esta enfermedad. La fatiga postinfecciosa causa una forma clínica indistinguible del SFC, que puede aparecer después del diagnóstico de la infección (por ejemplo infección por VEB, Influenza, brucelosis, giardiasis), incluyendo algunas que tienen focos geográficos muy bien definidos (ej., Enfermedad de Lyme, Fiebre Q, infección del virus del río Ross).

En un estudio prospectivo, Hickie et al en 2006, reportaron que la fatiga postinfecciosa se presenta con un tasa aproximada de 12 % por infecciones de VEB, Fiebre Q, virus del río Ross. La mayoría de estos pacientes cumplieron con los criterios diagnósticos para SFC (40). La convalecencia prolongada después de la infección por mononucleosis es un fenómeno bien reconocido. Katz et al, 2009, realizaron un estudio retrospectivo, en adolescentes con infección por mononucleosis el cual mostró, que durante el seguimiento entre 6-24 semanas después de la infección por este virus, entre 13-4 % respectivamente, presentaron una

fatiga prolongada que reunía los criterios diagnósticos del CDC. La ocurrencia de un estado indistinguible de fatiga “pos infecciosa” soporta el concepto de que el SFC es una secuela inespecífica de una variedad de enfermedades, en lugar de una enfermedad con una sola causa infecciosa específica (41).

Persiste la controversia acerca de que la fatiga crónica es provocada por cualquier agente infeccioso o evento traumático, o si es necesario un solo tipo particular de agente infeccioso o trauma. Sin embargo, los pacientes atendidos en la práctica general por infecciones comunes no tienen una mayor frecuencia de la fatiga prolongada en relación con los pacientes atendidos por otros problemas médicos.

Aunque no se ha encontrado ninguna evidencia serológica en favor de la infección crónica y persistente por VEB como causa del SFC, se ha acumulado un significativo número de evidencias negativas de investigaciones para rechazar esta hipótesis. Estos estudios han mostrado que no existen diferencias significativas en los títulos de anticuerpos séricos, virus en la saliva y actividad de transformación de los linfocitos en sangre, o linfocitos citotóxicos entre paciente y controles sanos. Adicionalmente, un estudio grande de tratamiento, comparando el Aciclovir intravenoso y oral con el placebo en pacientes con SFC no mostró ningún beneficio. Se ha propuesto la posibilidad de que en los pacientes con SFC se puedan reactivar virus latentes más frecuentemente que en los individuos sanos, pero no está claro si la persistencia de enterovirus es una causa o una consecuencia del síndrome (42).

La ultima controversia sobre la etiología del SFC, ocurrió después de una publicación de Lombardi et al, en el 2009, donde implicaron al retrovirus xenotrópico del ratón (XMRV) en el 67 % de 101 pacientes, pero solo en 3,7 % de 218 controles sanos (43). Un grupo de investigadores aparte, reportó una disparidad similar en la frecuencia del virus de la leucemia del ratón (MLV) relacionado con las secuelas entre los pacientes con SFC y los donantes de sangre sanos. Pero los estudios moleculares de ADN sugirieron, que las muestras humanas fueron contaminadas con ADN de ratón. Varios estudios subsecuentes, ha fallado en mostrar alguna asociación del XMRV con el SFC y los dos estudios que inicialmente encontraron una asociación fueron finalmente retractados (44) (45)(46).

En una serie de estudios con estudiantes de medicina, mencionados por Glaser et al, 2005, se asoció el estrés de la época de exámenes con los cambios en la expresión del estado estacionario de la infección por el virus Epstein Barr (VEB) latente. Altos títulos de anticuerpos tipo IgG contra la proteína VCA de VEB se observan en la temporada de exámenes, comparados con las muestras tomadas aproximadamente un mes antes del experimento. Igualmente se ha determinado el impacto del estrés académico sobre la respuesta celular de los LT de memoria específicos contra VEB, observando en un estudio una disminución significativa de la habilidad de los LT citotóxicos específicos contra VEB para eliminar los linfocitos B autólogos infectados con VEB. Además los LB periféricos obtenidos de estudiantes seropositivos para VEB mostraron una disminución en la proliferación cuando fueron expuestos a varios polipéptidos purificados de VEB, y sigue aumentando los estudios que asocian el estrés psicológico con la reactivación de infecciones virales crónicas latentes por VEB y CMV (36).

Según Chia et al 2008, dado que la mayoría de los pacientes con SFC, tienen síntoma gastrointestinal persistente o intermitente, estos autores, evaluaron la presencia de proteína de la cápside viral 1 (VP1), y el ARN de enterovirus (EV) y cultivaron virus a partir de las muestras de biopsia de estómago de los pacientes con SFC, encontrando que el 82 % de las biopsias de estos pacientes fueron positivas para VP1, mientras solo el 20 % de los controles fueron positivos. El RNA de EV se detectó en 37% de las biopsias de los casos y solo en el 5% de los controles. En algunos pacientes con SFC se observó crecimiento de ente-

rovirus no citopáticos. Concluyendo que la proteína VP1 de enterovirus, el RNA y enterovirus no citopáticos, fueron detectados en las biopsias estomacales de pacientes con SFC con dolor abdominal crónico (47).

A pesar de muchos años de intensa investigación no hay consenso sobre la presencia, la naturaleza y el grado de disfunción inmune en esta condición. Sin embargo se ha observado incremento de citoquinas inflamatorias y pro inflamatorias como IL-1, IL-6 y TNF. Adicionalmente, se han evidenciado alteraciones en la función de las células asesinas naturales, y en algunos pacientes se han descrito alteraciones en la cantidad de células T. Mientras no haya diferencias en la prevalencia de serología positiva para los herpes virus comunes en pacientes con SFC y los controles sanos, peso si alguna evidencia de la persistencia viral y el control inadecuado de la replicación viral, la habilidad de ciertos virus herpes para poner en riesgo el desarrollo de células T de memoria, puede explicar la persistencia de la infección viral y la continuidad de los síntomas. Varios investigadores han reportado un incremento de la actividad de la 2'5 oligoadenilato sintetasa (OAS) en células mononucleares de los paciente con SFC y estos niveles se correlacionan con la severidad de la enfermedad. Esta proteína es inducida por INF- α e INF- γ y son uno de los mecanismos de defensa importantes contra la proliferación viral, lo que lleva a proponer la hipótesis de que la infección viral crónica podría ser una posible causa del SFC (ver figura 4). Sin embargo, la detección de varios herpes virus, enterovirus y el virus Borna en pacientes con SFC por serología o PCR ha mostrado resultados contradictorios (39).

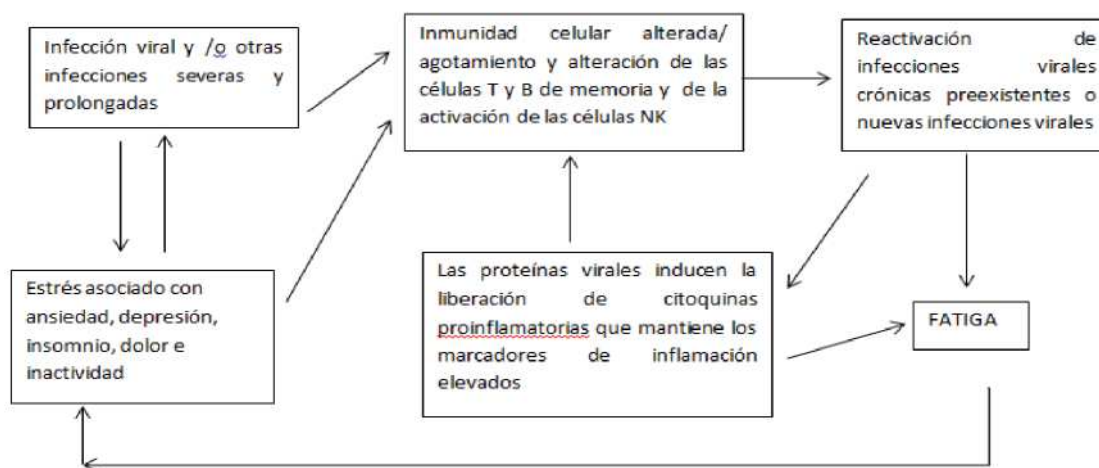


Figura 4. Interacción entre factores psicosociales, inmunes, inmunológicos y virales en la iniciación y perpetuación de la fatiga crónica. Tomado y modificado de Bansal et al, 2012 (38).

Virus y Diabetes

La incidencia de diabetes mellitus tipo 1 (insulino dependiente, DMI) se ha incrementado rápidamente en muchas partes del mundo occidental. La DMI, se considera el resultado de una enfermedad crónica, es un desorden multifactorial que requiere una predisposición genética y un disparador para el proceso autodestructivo como se ha observado en otras enfermedades autoinmunes, principalmente mediado por células T, llevando eventualmente a la pérdida virtualmente completa de las células B pancreáticas. Estudios que incluyen gemelos monocigotos, indican claramente, que los factores ambientales juegan un papel importante adicional a la susceptibilidad genética de la enfermedad que lleva a la destrucción de células β del páncreas. La patogénesis de esta enfermedad, involucra mecanismos de autoinmunidad, los cuales pueden ser iniciados o acelerados por factores de riesgo ambientales. El riesgo DM1 es una combinación de cuatro factores principales: (1) los genes de susceptibilidad genética relacionados con DM1; (2) la activación de factores inmunológicos que pueden variar y actúan como estímulos; (3) otros factores, tales como la heterogeneidad epigenética causados por factores ambientales; y (4) las interacciones con los genes relacionados con otras vías expresadas localmente en las células β pancreáticas (inmunológica y apoptosis) (48). Los virus son los principales factores de riesgo ambiental revelados por los estudios epidemiológicos, por lo que se han propuesto varios virus que pueden contribuir en la etiología de la DM1: (1) se han observado un incremento en la tasa de DM1 después de epidemias de paperas; (2) la incidencia de diabetes en niños se ha asociado tanto a infecciones por paperas y rubeola; y (3) la relación entre la rubeola y el DM1 se ha basado predominantemente en estudios de seguimiento del síndrome de rubeola congénita, que sugieren que la infección en el útero puede conducir a DM1. La mayoría de estudios, relacionan la infección por enterovirus, principalmente Cocksackie virus B (CVB) con el origen de la DM I. El virus de la hepatitis C ha sido asociado con la aparición de DM1 y DM2. La DM2 se ha asociado además con citomegalovirus, enterovirus y virus Llungan (49).

Los virus han mostrado tener posibles efectos sobre puntos específicos en la patogénesis de la diabetes de tipo 1 y hallazgos recientes parecen confirmar esta presunción, como su potencial de inducir respuesta inmune innata y adaptativa (LT CD8+) e inflamación

local en los órganos blanco. Los virus pueden infectar y destruir las células beta del páncreas que producen la insulina y también dañar estas células a través de mecanismos indirectos de autoinmunidad. Sin embargo, todavía faltan explicaciones bien cimentadas de cómo exactamente los virus pueden influir en la etiología de la diabetes tipo 1. El vínculo causal entre DM1 y los virus se basa en los hallazgos epidemiológicos, serológicos e histológicos, así como en los estudios experimentales *in vivo* e *in vitro*. Se han reportado más de 13 virus diferentes asociados con el desarrollo de diabetes tipo I en humanos y en varios modelos animales (ver tabla 6), estos incluyen los virus ADN de las familias *Herpesviridae* y *Parvoviridae* y virus ARN de las familias *Togaviridae*, *Paramyxoviridae*, *Retroviridae* y *Picornaviridae*. Virus como coxsackievirus, citomegalovirus y de las paperas, exhiben un tropismo por los tejidos pancreático y propiedades citotóxicas hacia las células β . La evidencia mas clara e inequívoca de que los virus inducen diabetes es el estudio llevado a cabo en ratones con la variante D del virus de la encefalomiocarditis (EMC-D)- y el virus Kilham de la rata (KRV) en ratas (parvovirus) (48) (50)(51)(52)(53).

El mecanismo por el que los enterovirus desencadenan la autoinmunidad no es claro. Se han sugerido varios mecanismos que no se excluyen mutuamente. Primero, estos virus pueden causar la destrucción directa por lisis de las células β del páncreas por la citotoxicidad (infección citopática) del ciclo de vida del virus. En segundo lugar, indirectamente por su contribución a la reactividad autoinmune, mediada por una reacción cruzada de los LT, que ocurre cuando los antígenos virales y los antígenos propios del hospedero, comparten determinantes antigénicos (mimetismo molecular) (Ver Figura5), por ejemplo se ha observado que la proteína viral 2C exhibe una secuencia similar a la de un antígeno propio de las células β ácido glutámico descarboxilasa (GAB65) (54) .

Vreghen et al, 2000, no encontraron evidencias en favor del efecto citolítico directo del enterovirus 9 (EV9) sobre las células β humanas, en un paciente que desarrollo DM tipo I durante una infección sistémica severa con este virus; el paciente no tenía signos que apuntan a una reacción autoinmune iniciada por mimetismo molecular contra el antígeno descarboxilasa de ácido glutámico

(GAD65) y la tirosina fosfatasa de la membrana (IA2) de las células β (52)(54).

Tabla 6. Virus Asociados con el desarrollo de diabetes tipo 1 y su mecanismo fisiopatogénico implicado. Tomado y modificado de Jun et al, 2001(51).

Virus	Ácido nucleico	Hospedero	Observaciones
Coxsackie B	ARN	Ratón	El virus se pasó a las células beta murino antes de la infección. Se observó destrucción citolítica de las células beta que conduce a la diabetes tipo I
		Primate no humanos	El virus fue pasado en células beta de mono antes de la infección. Se desarrolló DM I transitoria
		Humano	Evidencias de estudios epidemiológicos, reportes anecdóticos. Se han identificado y aislado virus diabetogénicos en ratones del páncreas de pacientes con DM I
Encefalomiocarditis	ARN	Ratones Hamsters	Destrucción citolítica de las células β que conduce a la diabetes clínica
Mengovirus	ARN	Ratones	Destrucción citolítica de las células β
Virus de la enfermedad pie y boca	ARN	Cerdos, vacas	Destrucción citolítica de las células
Retrovirus	ARN	Ratones	Expresión de genes de retrovirus en células β , asociados con el desarrollo de insulinitis y DM I en ratones NOD
Rubeola	ARN	Hamsters Conejos Humanos	Posible asociación con DMI autoinmune Posible asociación con DMI autoinmune, especialmente en el síndrome de rubeola congénito
Virus bovino de la diarrea mucosa	ARN	Vacas	Sospecha de respuesta autoinmune
Virus de las Paperas	ARN	Humanos	Posible inducción de autoanticuerpo contra las células de los islotes
Reovirus	ARN	Ratones	Posible asociación con autoinmunidad y diabetes en ratones
Virus Kilham de la rata	DNA	Ratas	No hay infección distintiva de las células beta de rata Desarrollo de autoinmunidad específica contra las células β que induce DM I
Citomegalovirus	ADN	Humanos	Asociación con DM I autoinmune
Epstein-Barr	ADN	Humanos	Posible inducción de DM I autoinmune
Varicela-Zoster	ADN	Humanos	Evidencias indirectas de una asociación con DM I

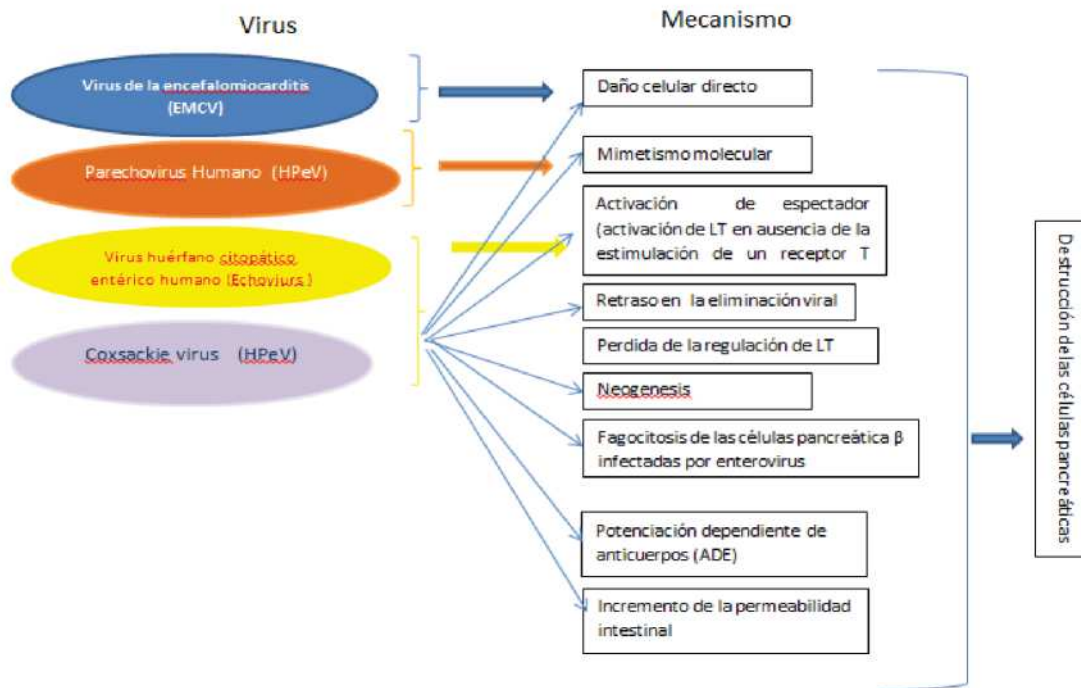


Figura 5. Mecanismos putativos sugeridos para la inducción de la destrucción de las células pancreáticas B por virus relacionados con el origen de la DM I. Tomado de Precechtelova J (48).

Yeung et al, 2011, en una revisión sistemática y meta análisis de estudios de observaciones moleculares sobre las implicaciones de los enterovirus en la etiología de la diabetes mellitus tipo 1, concluyeron que existe 9 veces más riesgo de que la infección por enterovirus cause diabetes y un riesgo 3 veces mayor de que un niño desarrolle autoinmunidad. Igualmente, encontraron que la infección por enterovirus persistente también es común entre los pacientes con diabetes tipo 1 (odds ratio 11) (55).

Asimismo, se ha planteado que la infección maternal con enterovirus durante el embarazo puede incrementar el riesgo de DM I en la descendencia, durante la infancia. Para comprobar esta hipótesis, Viskari et al, 2002 y Elfving et al, 2008, realizaron sendos estudios. En el primero Viskari analizó dos series de gestantes cuyos hijos habían desarrollado diabetes clínica antes de las edades de 15 y 7 años, respectivamente, igual número de mujeres sin hijos diabéticos fueron seleccionadas como controles. Se determinó la IgM contra coxsackievirus B5 (serie 1) y contra una mezcla de antígenos de coxsackievirus B3, coxsackievirus A16, y echovirus 11 (serie 2). Todos los sueros se analizaron para determinar IgG específica contra un antígeno peptídico de enterovirus. En las dos series no encontraron diferencias significativas respecto a la

presencia de anticuerpos IgM contra coxsackievirus ni contra echovirus en los casos que en los controles. Llegando a la conclusión de que los resultados sugieren que la infección por enterovirus durante el primer trimestre de embarazo, no se asoció con un incremento del riesgo de desarrollar DM I en el niño (56). A su vez Elfving et al, en los sueros de 30 madres sin diabetes cuya descendencia desarrolló DM encontraron, que los hijos de las madres IgM positivas para enterovirus tuvieron un riesgo 5 veces mayor de desarrollar diabetes (OR 4,63; 95 % CI 1,22–17,6) cuando se compararon con los hijos de las madres negativas para IgM, estos resultados sugieren que la infección por enterovirus en el embarazo puede estar relacionada con el riesgo de que la descendencia desarrolle DM1 durante la adolescencia o en la adultez temprana (57).

Virus y enfermedad cardiovascular

Entre 1990 y 2010 las muertes por enfermedad cardiovascular se incrementaron de 26 % a 29,5 % de todas las muertes en el mundo (58). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2012, las enfermedades no transmisibles causaron más de 68 % de las muertes en el mundo. Las cuatro entidades nosológicas principales de este grupo son las enfer-

medades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y las neumopatías crónicas. Las enfermedades cardiovasculares mataron a 2,6 millones de personas más en 2012 que en el año 2000. Estas enfermedades causaron casi 17,5 millones de muertes en 2012; es decir, 3 de cada 10 personas. De estas, 7,4 millones se atribuyeron a la cardiopatía isquémica y 6,7 millones, a los accidentes cerebrovasculares (59).

Comúnmente la enfermedad cardiovascular (ECV) se ha relacionado con los siguientes factores de riesgo: el hábito de fumar (riesgo 2-6 veces mayor), el estrés, una vida sedentaria, consumo constante de bebidas alcohólicas, obesidad, niveles de colesterol elevado (aumento del LDL), hipertensión, diabetes. Si bien estos factores de riesgo están fuertemente asociados al desarrollo de la ECV, no son necesariamente suficientes, pues no logran explicar el 100 % de los casos, es por ello que se han tratado de identificar otros factores que pudieran estar contribuyendo a la alta incidencia de la esta entidad, es así como algunos estudios epidemiológicos han sugerido la asociación de la enfermedad cardiovascular (ECV) y enfermedades infecciosas.

El papel de las enfermedades infecciosas como desencadenantes o facilitadores del proceso obstructivo coronario no es nuevo, la asociación de la aterosclerosis con una infección viral se realizó por primera vez en el decenio de 1970, cuando se realizó la infección experimental de pollos libres de gérmenes con el virus herpes aviar, encontrando que producía enfermedad arterial, y este concepto en la ECV humana, se ha venido desarrollando desde finales de los años 80 cuando se postuló al herpes virus como un factor etiológico en la enfermedad arteriosclerótica humana (60).

Si bien, el papel de la infecciones por herpes virus en la patogénesis de la ECV continua siendo un enigma, patógenos tales como *Chlamydia pneumoniae*, *Helicobacter pylori*, Citomegalovirus(CMV), virus herpes simple (VHS) pueden causar una infección localizada e iniciar una reacción inflamatoria crónica (61) (62)(63); Hajjar et al 1987, encontraron que el herpes virus puede contribuir a la acumulación de lípidos en la células musculares lisas de arterias humanas y bovinas, característica de la aterosclerosis. Altos títulos de anticuerpos contra los herpes virus se han identificado como un factor predictor independiente de ECV (64).

Aunque existe abundante evidencia circunstancial sobre el papel del herpes virus en los procesos de aterosclerosis y afines, aún no se ha establecido una relación definitivamente de causa y efecto (65). Mendy et al, 2013 después de ajustar los factores demográficos, socioeconómicos y comorbilidades en un estudio con 14.415 participantes, encontraron una asociación positiva de la seropositividad de IgG contra herpes virus y la ECV, pero no contra HSV1. Igualmente la infección por el virus de la hepatitis A (HVA) puede ser causa de arteriosclerosis y se ha observado que duplica el riesgo de arteriosclerosis (66). Zhu et al. 2000 encontraron una prevalencia de ECV de 74 % en los pacientes seropositivos para HAV y 52 % en los pacientes seronegativos ($P > 0,0001$) y mediante el análisis de regresión logística demostraron, que la seropositividad a HAV es un predictor independiente del riesgo de ECV, lo cual incrementa la posibilidad de que este virus pueda jugar un papel causal en la aterogénesis (67).

Mientras Auer et al 2003, y Smieja et al, 2003; reportaron que la seropositividad para HAV no es un predictor del riesgo para la ECV, y sugieren que la infección por HAV parece no estar asociada con la ECV (60)(67)(68)(69)(70).

Oliveira et al en el 2013, encontraron que los pacientes monoinfectados con virus de hepatitis C (HCV), no obesos ni diabéticos y nativos tenían un riesgo cardiovascular intermedio (71). Varios estudios clínicos, indican que el número de infecciones microbianas (la "carga de patógenos") es un determinante crítico en el desarrollo y la progresión de la enfermedad arteriosclerótica (72).

Vilkuna et al 2006, encontraron que la infección por el virus herpes simple puede promover la infección por patógenos periodontales y la presencia de estas dos infecciones puede incrementar el riesgo de ECV (73). Los virus o bacterias con un determinado tropismo por las células de la pared vascular pueden contribuir a la lesión vascular inicial a través de efectos citopáticos directamente o a través de la inducción de una respuesta autoinmune. Los procesos inmunopatológicos como el mimetismo molecular, la expresión de epítopes, o la activación de linfocitos autoreactivos contra antígenos propios, son los iniciadores más probables del proceso inflamatorio crónico en la pared vascular. El reconocimiento de la aterogénesis como un proceso inmuno-patológico desencadenado por

patógenos, abre la posibilidad a nuevas estrategias de tratamiento como la vacunación o inmunomodulación (63).

El CMV se ha asociado con infecciones crónicas, al activarse tardíamente a partir de un estado latente y puede además, infectar directamente las células de la pared vascular o producir una infección sistémica influyendo en la patogenia de la ECV. Zhu et al en 1999, evaluaron la asociación entre la infección por CMV, los niveles de proteína C reactiva (PCR) y la ECV en individuos que habían sido evaluados angiográficamente, concluyendo que CMV desencadena una respuesta inflamatoria subclínica en ciertos individuos, lo que puede explicar en parte la disparidad de resultados de los estudios que intentan relacionar el CMV con la patogénesis de la aterosclerosis (74). En varios estudios epidemiológicos, se ha sugerido que los títulos altos de anticuerpos contra CMV significan una reactivación de esta infección y que esta situación es un determinante de la ECV, indicando que la seropositividad contra CMV es un predictor independiente de ECV (75); recientemente, Standberg et al, 2009, encontraron los niveles de anticuerpo IgG anti CMV entre 135-400 U/ml como un factor independiente asociado con la mortalidad en una comunidad de adultos mayores (OR: 1.63 IC: 95 % (1,04-2,55) (76). Además Savva et al en el 2013 encontraron que la infección por CMV incrementa marcadamente la mortalidad en individuos ancianos, debido a un exceso de muertes por enfermedad vascular (77), estos hallazgos pueden tener implicaciones importantes para el estudio de la senescencia inmune y si se confirma de manera más general podría tener implicaciones importantes de medidas para optimizar la salud de las personas mayores. Varios investigadores han encontrado al CMV en la placa aterosclerótica de las arterias carótidas de pacientes con estenosis de esta arteria (78)(79). El papel en la aterogénesis de este virus, se explica por la capacidad que tiene el CMV de modificar el ambiente extracelular del hospedero a través de la liberación de factores celulares biológicamente activos, incluidos factores de crecimiento, citocinas y

enzimas modificadoras de la matriz extracelular (80), en esta misma línea, Cheng et al, 2009, encontraron que las células cardiovasculares son un reservorio latente de CMV y que las citocinas inducidas por este virus probablemente se relacionan con la génesis de la aterosclerosis (81). En un nivel básico, Spyridopoulos et al 2009, utilizando técnicas de biología molecular, encontraron un pronunciado acortamiento de la longitud de los telómeros en los linfocitos T CD8+ CD28- en los pacientes seropositivos a CMV con enfermedad cardiovascular en comparación con los voluntarios sanos, lo que sugiere una fuerte relación entre el acortamiento de los telómeros y la disfunción cardíaca explicada por la inmunosenescencia (82). Según Hansson 2001 y Olofsson 2005, este virus puede modular la actividad tanto de las células inmunes como de las células vasculares e incrementar la aterosclerosis experimental y fomenta la liberación de INF γ en cultivo de células endoteliales infectadas por el CMV (83)(84). Algunos datos clínicos le confieren un importante papel en la génesis de la aterosclerosis relacionada con el rechazo de trasplantes (74)(80)(81)(82)(83)(84). Igualmente se ha implicado por diversas evidencias experimentales y observacionales que la infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) per se y el estado pro inflamatorio asociado a esta infección, puede aumentar el riesgo de ECV. La infección por VIH puede activar diversas vías inflamatorias de la pared vascular con liberación de citocinas y expresión de moléculas de adhesión endotelial. El tratamiento antirretroviral de gran actividad (HAART) es capaz de suprimir muchas de estas alteraciones (85).

CONCLUSIONES

El conocimiento sobre la participación de algunos virus en la génesis de las enfermedades crónicas, abre una gran ventana para el entendimiento de la fisiopatogénesis de estas, así como de nuevas estrategias diagnósticas, terapéuticas y profilácticas, con base en estos conocimientos que serán más beneficiosas que los métodos convencionales.

BIBLIOGRAPHY

1. Shors T. Virus: estudio molecular con orientación clínica. 1ra ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2009. 270-71 p.
2. John Carter. Virology: Principles and Applications, 2nd Edition [Internet]. 2012. 394 p. Available from: <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP003007.html>
3. HD C. Viruses: A Very Short Introduction. Oxford: Ox. 2011. 176 p.
4. Collier L. Virología humana. 3ra Edición. Korea: McGraw-Hill Interamericana; 2008. 16-17 p.
5. Raisman, JS . Gonzalez A. ESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS. Hipertextos area de biología. 2007.
6. Uribarren-Berrueta T. Generalidades de los virus.
7. Fénéant L, Levy S CL. CD81 and hepatitis C virus (HCV) infection. *Viruses*. 2014;6(2):535–72.
8. Barrantes-Rodríguez X , Silva- de la Fuente S, Bonilla-Vargas JA PF. Bornavirus y enfermedades neuropsiquiátricas. *Acta Med Costarric*. 2006;48(3):108–12.
9. Wood F JBM. Borna disease virus: The generation and review of a scientific study. *Soc Sci Med*. 2006;63(4):1072–83.
10. Puerto FI, Zavala JE, Rosado-Franco A G-AL. Estudio serológico del virus de la Enfermedad de Borna en pacientes esquizofrénicos de Yucatán, México. *Rev Biomed*. 2004;15:141–7.
11. Schindler AR, Vögtlin A, Hilbe M, Puorger M, Zlinszky K, Ackermann M EF. Reverse transcription real-time PCR assays for detection and quantification of Borna disease virus in diseased hosts. *Mol Cell Probes*. 2007;21(1):47–55.
12. Richt J, Pfeuffer I, Christ M, Frese K, Bechter K HS. Borna Disease Virus Infection in Animals and Humans. *Emerg Infect Dis*. 1997;3(3):343–52.
13. Lipkin, WI , Briesse T HM. Borna disease virus - fact and fantasy. *Virus Res*. 2011;162(1-2):162–72.
14. Collins R. Borna disease virus and mental illness In search of the missing link. *Biomed Sci*. 2004;1989–92.
15. Bode L, Reckwald P, Severus W, Stoyloff R, Ferszt R, Dietrich D et al. Borna disease virus-specific circulating immune complexes, antigenemia, and free antibodies-the key marker triplet determining infection and prevailing in severe mood disorders. *Mol Psychiatry*. 2001;6:481–91.
16. Chen CH, Chiu YL, Wei FC, Koong FJ, Liu HC, Shaw CK et al. High seroprevalence of Borna virus infection in schizophrenic patients, family members and mental health workers in Taiwan. *Mol Psychiatry*. 1999;4(1):33–8.
17. Lieb K SP. Borna disease virus--does it infect humans and cause psychiatric disorders? *J Clin Virol*. 2001;21(2):119–27.
18. Dietrich DE BL. Human Borna disease virus-infection and its therapy in affective disorders. *APMIS*. 2008;124:61–5.
19. Fukuda K, Takahashi K, Iwata Y, Mori N GK. Immunological and PCR analyses for Borna disease virus in psychiatric patients and blood donors in Japan. *J Clin Microbiol*. 2001;39:419–29.
20. Kubo K, Fujiyoshi T, Tokoyama M, Kamel K, Richt J, Kitze B et al. Lack of association of Borna disease virus and human T-cell leukemia virus type 1 infections with psychiatric disorders among Japanese patients. *Clin Diagn Lab Immunol*. 1997;4:189–94.

21. Hornig M, Briesse T, Licinio J, Khabbaz R, Altshuler L, Potkin S et al. Absence of evidence for bornavirus infection in schizophrenia, bipolar disorder and major depressive disorder. *Mol Psychiatry*. 2012;17:486–93.
22. Vergara-Rodriguez P, Vibhakkar S WJ. Metabolic syndrome and associated cardiovascular risk factors in the treatment of persons with human immunodeficiency virus and severe mental illness. *Pharmacol Ther*. 2009;124:269–78.
23. Himelhoch S, McCarthy JF, Ganoczy D, Medoff D, Kilbourne A, Goldberg R et al. Understanding associations between serious mental illness and hepatitis C virus among veterans: a national multivariate analysis. *Psychosomatics*. 2009;50(1):30–7.
24. Atkinson R. Viruses as an etiology of obesity. *Mayo Clin Proc*. 2007;82(1):159–64.
25. Suplicy HL BA. Infecciones as the etiology for obesity. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2009;53(2):159–64.
26. Adrych K. Can obesity be infectious? *Przegl Lek*. 2005;62(9):916–8.
27. Bernard A, Zwingelstein G, Meister R WF. Hyperinsulinemia induced by canine distemper virus infection of mice and its correlation with the appearance of obesity. *Comp Biochem Physiol Part B Comp Biochem*. 1998;91(4):691–6.
28. Dhurandhar NV, Whigham LD, Abbott DH, Schultz-Darken NJ, Israel BA, Bradley SM et al. Human adenovirus Ad-36 promotes weight gain in male rhesus and marmoset monkeys. *J Nutr*. 2002;132(10):3155–60.
29. Vangipuram SD, Sheele J, Atkinson RL, Holland TC DN. A human adenovirus enhances preadipocyte differentiation. *Obes Res*. 2004;12(5):770–7.
30. Vangipuram SD, Yu M, Tian J, Stanhope KL, Pasarica M, Havel PJ et al. Adipogenic human adenovirus-36 reduces leptin expression and secretion and increases glucose uptake by fat cells. *Int J Obes (Lond)*. 2007;31(1):87–96.
31. Whigham LD, Israel BA AR. Adipogenic potential of multiple human adenoviruses in vivo and in vitro in animals. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2006;290(1):R 190–4.
32. Atkinson RL, Dhurandhar NV, Allison DB, Bowen RL, Israel BA, Albu JB et al. Human adenovirus-36 is associated with increased body weight and paradoxical reduction of serum lipids. *Int J Obes (Lond)*. 2005;29(3):281–6.
33. Ergin S, Altan E, Pilanci O, Sirekbasan S, Cortuk O, Cizmecigil U et al. The role of adenovirus 36 as a risk factor in obesity: The first clinical study made in the fatty tissues of adults in Turkey. *Microb Pathog*. 2015;80:57–62.
34. Esposito S, Preti V, Consolo S, Nazzari E PN. Adenovirus 36 infection and obesity. *Adenovirus 36 Infect Obes*. 2012;55(2):95–100.
35. CDC. No Title. El síndrome de fatiga crónica (SFC). 20014. p. <http://www.cdc.gov/cfs/es/>.
36. Glaser R, Padgett D, Litsky M, Baiocchi R, Yang E, Chen M et al. Stress-associated changes in the steady-state expression of latent Epstein–Barr virus: Implications for chronic fatigue syndrome and cancer. *Brain Behav Immun*. 2005;19(2):91–103.
37. Engleberg C. Chronic Fatigue Syndrome. In: Mandell, Douglas and B, editor. *Principles and Practice of Infectious Diseases*. Eighth Edi. 2015. p. 1674–80.
38. Bansal AS, Bradley AS, Bishop KN, Kiani-Alikhan S FB. Chronic fatigue syndrome, the immune system and viral infection. *Brain Behav Immun*. 2012;26(1):24–31.
39. Afari N, Buchwald, D. Chronic Fatigue Syndrome: A Review. *Am J Psychiatry*. 2003;160(2):221–36.
40. Hickie I, Davenport T, Wakefield D, Vollmer-Conna U, Cameron B, Vernon SD et al. Post-infective and chronic fatigue syndromes precipitated by viral and non-viral pathogens: prospective cohort study. *BMJ*. 2006;333:575.

41. Katz BZ, Shiraishi Y, Mears CJ, Binns HJ TR. Chronic fatigue syndrome after infectious mononucleosis in adolescents. *Pediatrics*. 2009;124(1):189–93.
42. Evengård, B., Briese, T., Lindh, G., Lee, S., & Lipkin WI. Absence of evidence of Borna disease virus infection in Swedish patients with chronic fatigue syndrome. *J Neurovirol*. 1999;5(5):495–9.
43. Lombardi VC, Ruscetti FW, Das Gupta J, Pfof MA, Hagen KS, Peterson DL et al. Detection of an infectious retrovirus, XMRV, in blood cells of patients with chronic fatigue syndrome. *Science* (80-). 2009;326:585–9.
44. Jerome KR, Diem K, Huang ML, Selke S, Corey L BD. Xenotropic murine leukemia virus-related virus in monozygotic twins discordant for chronic fatigue syndrome. *Diagn Microbiol Infect Dis*. 2011;71(1):66–71.
45. Hong, P. Li J. Lack of evidence for a role of xenotropic murine leukemia virus-related virus in the pathogenesis of prostate cancer and/or chronic fatigue syndrome. *Virus Res*. 2012;167(1):1–7.
46. Erlwein O, Kaye S, McClure MO, Weber J, Wills G, Collier D et al. Failure to detect the novel retrovirus XMRV in chronic fatigue syndrome. *PLoS One*. 2010;5:e8519.
47. Chia, JK., Chia A. Chronic fatigue syndrome is associated with chronic enterovirus infection of the stomach. *J Clin Pathol*. 2008;61:43–8.
48. Precechtelova J, Borsanyiova M, Sarmirova S BS. Type I Diabetes Mellitus: Genetic Factors and Presumptive Enteroviral Etiology or Protection. *J Pathog*. 2014;2014:21.
49. Antonelli A, Ferrari SM, Domenicantonio AD, Ferrannini E FP. Viral Infections and Type 1 Diabetes Infection and Autoimmunity. In: Shoenfeld, Y. Agmon-Levin, N and Rose N, editor. *Infection and Autoimmunity*. Second Edi. Elsevier B.V; 2015. p. 877–89.
50. Schneider DA von HM. Potential viral pathogenic mechanism in human type 1 diabetes. *Diabetologia*. 2014;57(10):2009–18.
51. Jun , H. Yoon J. The role of viruses in type I diabetes: two distinct cellular and molecular pathogenic mechanisms of virus-induced diabetes in animals. *Diabetologia*. 2001;44(3):271–85.
52. Barbeau W. What is the key environmental trigger in type 1 diabetes--is it viruses, or wheat gluten, or both? *Autoimmun Rev*. 2012;12(2):295–9.
53. Jankosky, C. Deussing, E. Gibson, RL. , Haverkos H. Viruses and vitamin D in the etiology of type 1 diabetes mellitus and multiple sclerosis. *Virus Res*. 2012;163(2):424–30.
54. Vreugdenhil GR, Schlöot NC, Hoorens A, Rongen C, Pipeleers DG, Melchers WJ et al. Acute onset of type I diabetes mellitus after severe echovirus 9 infection: putative pathogenic pathways. *Clin Infect Dis*. 2000;31(4):1025–31.
55. Yeung, WC. Rawlinson WD CM. Enterovirus infection and type 1 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis of observational molecular studies. *BMJ*. 2011;342:d35.
56. Viskari HR, Roivainen M, Reunanen A, Pitkaniemi J, Sadeharju K, Koskela P et al. Maternal first-trimester enterovirus infection and future risk of type 1 diabetes in the exposed fetus. *Diabetes*. 2002;51(8):2568–71.
57. Elfving M, Svensson J, Oikarinen S, Jonsson B, Olofsson P SG et al. ., “Maternal Enterovirus Infection during Pregnancy as a Risk Factor in Offspring Diagnosed with Type 1 Diabetes between 15 and 30 Years of Age,” *Exp Diabetes Res*. 2008;2008.
58. Gaziano T, Prabhakaran D GM. Global Burden of Cardiovascular Disease Braunwald’s Heart Disease: In: *Heart Disease: a Textbook of Cardiovascular Medicine*. 2015. p. 1–20.
59. OMS. Las 10 causas principales de defunción en el mundo. 2015.

60. Espinola-Klein C, Rupprecht H, Blankenberg S, Bickel C, Kopp H, Rippin G et al. Are Morphological or Functional Changes in the Carotid Artery Wall Associated With Chlamydia pneumoniae, Helicobacter pylori, Cytomegalovirus, or Herpes Simplex Virus Infection? *Stroke*. 2000;31:2127–33.
61. Thom D, Grayston T, Siscovick D, Wang S, Weiss N DJ. Association of Prior Infection With Chlamydia pneumoniae and Angiographically Demonstrated Coronary Artery Disease. *JAMA*. 1992;268(1):68–72.
62. Morré SA, Stooker W, Lagrand WK, van den Brule AJ NH. Microorganisms in the aetiology of atherosclerosis. *J Clin Pathol*. 2000;53(9):647–54.
63. Ludewig B, Krebs Ph and SE. Immunopathogenesis of atherosclerosis. *JLeukoc Biol*. 2004;76:300–6.
64. Hajjar D, Pomerantz K, Falcone D, Weksler B GA. Herpes simplex virus infection in human arterial cells. *JClin Invest*. 1987;80:1317–21.
65. Nicholson AC HD. Herpesviruses in Atherosclerosis and Thrombosis. Etiologic Agents or Ubiquitous Bystanders? *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 1998;18:339–48.
66. Mendy A, Viera E GJ. Seropositivity to herpes simplex virus type 2, but not type 1 is associated with premature cardiovascular diseases: A population-based cross-sectional study. *Atherosclerosis*. 2013;231(1):18–21.
67. Zhu J, Quyyumi A , Norman J, Costello R , Csako G and ES. The Possible Role of Hepatitis A Virus in the Pathogenesis of Atherosclerosis. *J Infect Dis*. 2000;182:1583–7.
68. Auer J, Leitinger M, Berent R, Prammer W, Weber T, Lassnig E EB. Hepatitis A IgG seropositivity and coronary atherosclerosis assessed by angiography. *Int J Cardiol*. 2003;90:251–7.
69. Smieja M, Gnarpe J, Lonn E, Gnarpe H, O Gunnar YQ et al. Multiple infections and subsequent cardiovascular events in the Heart Outcomes Prevention Evaluation(HOPE) Study. *Circulation*. 2003;107:251–7.
70. Muhlestein J, Horne B , Carlquist J , Madsen T , Bair T PR et al. Cytomegalovirus Seropositivity and C-Reactive Protein Have Independent and Combined Predictive Value for Mortality in Patients With Angiographically Demonstrated Coronary Artery Disease. *Circulation*. 2000;(102):1917–23.
71. Oliveira C, Kappel CR, Siqueira ER, Lima VM, Stefano JT, Michalczyk MT et al. Effects of Hepatitis C virus on cardiovascular risk in infected patients: A comparative study. *Int J Cardiol*. 2013;164(2):221–16.
72. Epstein SE, Zhu J, Burnett MS, Zhou YF, Vercellotti G HD. Infection and Atherosclerosis Potential Roles of Pathogen Burden and Molecular Mimicry. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2000;20:1417–20.
73. Vilkkuna-Rautiainen T, Pussinen PJ, Roivainen M, Petäys T, Jousilahti P, Hovi T et al. Serum antibody response to periodontal pathogens and herpes simplex virus in relation to classic risk factors of cardiovascular disease. *Int J Epidemiol*. 2006;35(6):1486–94.
74. Zhu J, Quyyumi A, Norman J, Csako G and ES. The role of inflammation as reflected by elevated C-reactive protein levels. *J Am Coll Cardiol*. 1999;34(17):38–43.
75. Eryol NK, Kilic H, Gul A, Ozdogru I, Inanc T, Dogan A, Topsakal R BE. Are the high levels of cytomegalovirus antibodies a determinant in the development of coronary artery disease? *Int Hear J*. 2005;46:205–9.
76. Strandberg TE, Pitkala KH TR. Cytomegalovirus antibody level and mortality among community-dwelling older adults with stable cardiovascular disease. *JAMA*. 2009;301:380–2.

77. Savva GM, Pachnio A, Kaul B, Morgan K, Huppert FA, Brayne C MPMRCCF and AS. Cytomegalovirus infection is associated with increased mortality in the older population. *Aging Cell*. 2013;12:381–7.
78. Kuo C, Grayston J, Campbell L, Goo Y, Wissler R BE. . Chlamydia pneumoniae (TWAR) in coronary arteries of young adults (15-34 years old).) *Proc Natl Acad Sci*. 1995;92:6911–4.
79. Chiu B, Viira E, Tucker W FI. Chlamydia Pneumoniae, Cytomegalovirus, and Herpes Simplex Virus in Atherosclerosis of the Carotid Artery. *Circulation*. 1997;96:2144–8.
80. Streblow DN, Dumortier J, Moses AV, Orloff SL NJ. Mechanisms of cytomegalovirus-accelerated vascular disease: induction of paracrine factors that promote angiogenesis and wound healing. *Curr Top Microbiol Immunol*. 2008;325:397–415.
81. Cheng Y, Li D, Cheng X, Liu B CJ. Distribution of cytomegalovirus DNA in vascular tissues and the relationship between virus and atherosclerosis. *Chin J Exp Clin Virol*. 2009;23:321–4.
82. Spyridopoulos I, Hoffmann J, Aicher A, Brämmendorf TH, Doerr HW, Zeiher AM et al. Accelerated telomere shortening in leukocyte subpopulations of patients with coronary heart disease: role of cytomegalovirus seropositivity. *Circulation*. 2009;120:1364–72.
83. Hansson GK. Immune mechanisms in atherosclerosis. *Arter Thromb Vasc Biol*. 2001;21:1876–90.
84. Olofsson PS, Jatta K, Wågsäter D, Gredmark S, Hedin U, Paulsson-Berne G et al. The anti-viral cytomegalovirus inducible gene 5/viperin is expressed in atherosclerosis and regulated by proinflammatory agents. *Arter Thromb Vasc Biol*. 2005;25(7):e113–6.
85. Masiá M GF. Factores de riesgo cardiovascular dependientes de la infección por VIH. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2009;27(S1):17–23.

DEPTH MAP ESTIMATION IN LIGHT FIELDS USING AN STEREO-LIKE TAXONOMY

ESTIMACIÓN DE MAPA DE PROFUNDIDAD EN CAMPOS DE LUZ
MEDIANTE EL USO DE UNA TAXONOMÍA TIPO ESTÉREO



Francisco C. Calderon,¹ Carlos A. Parra¹, Cesar L. Niño¹

¹ This work was partially founded by Colciencias Grant #2011-528 Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes, Robótica y Percepción. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá DC, Colombia Facultad de Ingeniería Electrónica

Recibido: 10 Febrero de 2015

Aceptado: 2 Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Francisco C. Calderon. E-mail: calderonf@javeriana.edu.co

ABSTRACT

The light field or LF is a function that describes the amount of light traveling in every direction (angular) through every point (spatial) in a scene, this LF can be captured in several ways, using arrays of cameras, or more recently using a single camera with an special lens, that allows the capture of angular and spatial information of light rays of a scene (LF). This recent camera implementation gives a different approach to find the dept of a scene using only a single camera. In order to estimate the depth, we describe a taxonomy, similar to the one used in stereo Depth-map algorithms. That consist in the creation of a cost tensor to represent the matching cost between different disparities, then, using a support weight window, aggregate the cost tensor, finally, using a winner-takes-all optimization algorithm, search for the best disparities. This paper explains in detail the several changes made to an stereo-like taxonomy, to be applied in a light field, and evaluate this algorithm using a recent database that for the first time, provides several ground-truth light fields, with a respective ground-truth depth map.

Palabras claves: Stereo, Light field, smoothing filter, Depth Map, Stereo Taxonomy

RESUMEN

El campo de luz (CL) es una función que describe la cantidad de luz que viaja en toda dirección (angular) a través de cada punto (espacial) en una escena; este CL se puede capturar de varias maneras, utilizando matrices de cámaras, o más recientemente utilizando una sola cámara con un lente especial que permite la captura de información angular y espacial de los rayos de luz de una escena. Esta reciente implementación de cámara brinda un acercamiento diferente para hallar la profundidad de una escena mediante el uso de una sola cámara. Para estimar la profundidad, describimos una taxonomía, similar a la utilizada en algoritmos en estéreo de mapa de profundidad, que consisten en la creación de un tensor de coste para representar el costo coincidente entre diferentes disparidades, luego, con el uso de una ventana de apoyo de peso, agregamos el tensor de coste, finalmente, mediante el uso de un algoritmo de optimización del ‘ganador toma todo’, buscamos las mejores disparidades. Este documento explica en detalle varios de los cambios realizados a una taxonomía tipo estéreo, para ser aplicada en un campo de luz y evaluar este algoritmo mediante el uso una base de datos reciente que por primera vez, provee varios campos de luz de realidad sobre el terreno, con un respectivo mapa de profundidad de realidad sobre el terreno.

Keywords: estéreo, campo de luz, filtro de suavizado, mapa de profundidad, taxonomía en estéreo

1. INTRODUCTION

Thanks to different devices that capture the light field (LF), new applications have emerged to use this representation of the light in the scene.

The light field, as stated, is a 4D function, that describes the light that comes from the scene, using a parametric representation, the most commonly used, consist in the parameterization using the intersection points of the light rays with two parallel planes, separated by a distance f , usually $f = 1$. The intersection points are two, denoted by the 4 coordinates $L(u, v, s, t)$ the first two coordinates (u, v) are called the pixel or spatial indexes, and (s, t) the camera or angular indexes. This model was first proposed by Levoy and Gortler in (1), and later improved and well explained in (2). As shown in figure 1.

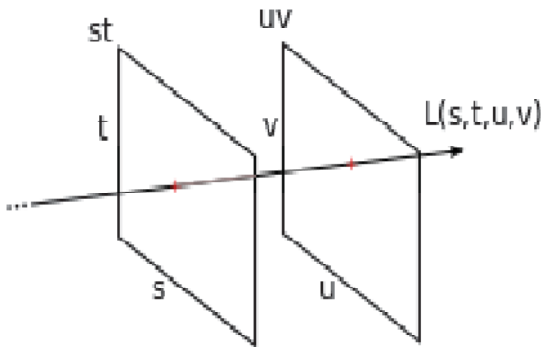


Figure 1 Light field model $L(u, v, s, t)$ of Levoy, Gortler(2)

This LF can be used to display different views of the scene, or to create a synthetic aperture focusing. Another area of recent interest is the light field rendering, which deals with angular interpolation of novel views, starting from the originally captured views. Also, the depth estimation can be applied in the LF, to improve the virtual refocusing or to characterize the scene. (2) The structure of the light field, makes it very similar to an array of multiple cameras, so, it is possible to extract the depth of the scene from a LF, using an algorithm based in a stereo or multi-camera taxonomy. Like in (3, 4).

The taxonomy of these multi-camera algorithms is well known, and is divided in four classes:

- The first class of algorithms operates by computing a 3D cost function, then, extracting a surface from this volume. The cost function may differ, and also the surface extraction method. These al-

gorithms use a local or global optimization method, to extract an optimal surface, for example in (5). The Optimization method solve a sparse lineal system to obtain a LF depth map.

- The second class of algorithms, works by iteratively evolving an initial depth estimation to minimize a cost function, for example (4).
- The third class of algorithms, are the image-space methods, these class, first computes a set of depth maps, to then merge the set of depth maps into a 3D scene as a post process (4).
- Finally, the fourth class, consists of algorithms who first extract and match a set of feature points, to then fit a surface to the reconstructed features points, as is done in (6), or more recently to LF in (7).

The Taxonomy that is used in this paper, follows the first class of algorithms, it also is based in the taxonomy of stereo like algorithms, treated in (3). It is possible to find a distance between the cameras and an object, from images taken by two cameras with known locations, using just a simple trigonometric relationship,

$$(1) Z_{\text{e.m.v.}} = f \frac{D}{(x_L - x_R)} = f \frac{D}{d}$$

where Z is the distance to an interest point in space, D is the rectified distance between the optical camera centers, f the focal length of the cameras and $\{x_L, x_R\}$ are the distances reflected in the image plane, measured from the beginning of each image $\{O_L, O_R\}$. Where $(x_L - x_R)$ is called the disparity and is denoted by the letter d , from this, it is possible to find the distance at which there is a point in the image space common to both cameras, using equation 1, which is known a priori, the focal length of the calibrated cameras, and the distance between the cameras, which is an easily measurable parameter (8).

The LF is a slightly more complicated structure than stereo, however, the depth information is also encoded in the data present in the LF. To analyze the depth in the LF, it is first necessary to discuss the epipolar images (EPI), an EPI is a simplification in 2D, of two mixed coordinates in the LF, one Angular, and one spatial, the most used one is $E(u, s)$, follow by $E(v, t)$. the scene elements are represented in the EPI, as lines, the depth of these objects are proportional to the slope of these lines, for example, an object in the focal plane will create a completely vertical line in the EPI.

As another object is moving towards or away from the focal plane, their slope in the EPI will change proportionally. An example of a EPI is shown in Figure 2, a visual explanation of depth in the LF is shown in Figure 3.

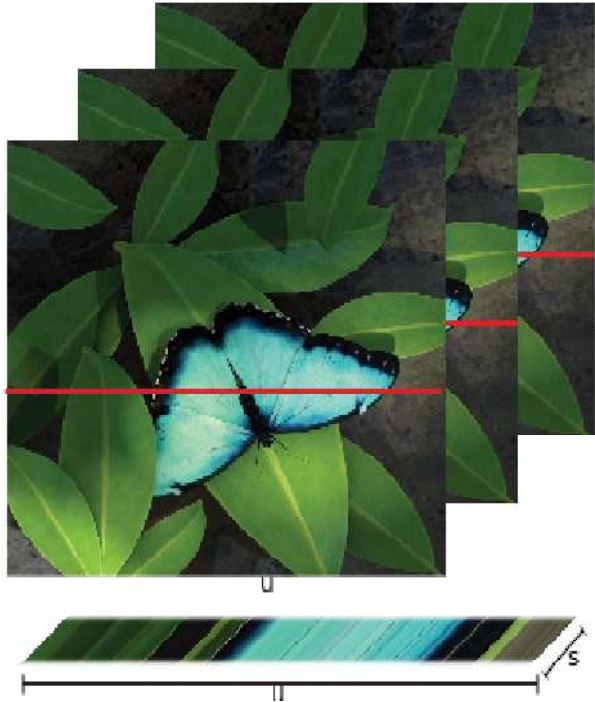


Figure 2 A sample of LF, three spatial samples along the s dimension, and an EPI. From the database of (9).

1.1 Stereo Algorithms

This approach makes that the process of determining the distance to a point, seen by a pair of stereo cameras is equivalent to find the disparity between the images of two rectified cameras.

Most of stereo matching algorithms can be divided into a general taxonomy, proposed in (3) consisting of four basic steps:

1. Matching cost computation.
2. Cost (support) aggregation.
3. Disparity computation / optimization.
4. Disparity refinement.

In this taxonomy stereo matching algorithms can be classified into two major groups, local and global, depending on how they operate the image. In a local algorithm the disparity search is done in small regions using windows to aggregate locally on the neighborhood of a pixel, this have the advantage of be quick and easy to implement, these algorithms assume that all pixels within the matching region have the same disparity, this is known as the fronto-parallel assumption, and is not valid around disparity discontinuities, and leads commonly to the fattening of these discontinuous regions when large windows are used.

Contrary to local methods, global algorithms perform a search in the whole image, their goal as is shown in (3), is to find an optimal disparity d per pixel $p_{(x,y)}$ which minimizes a cost function.

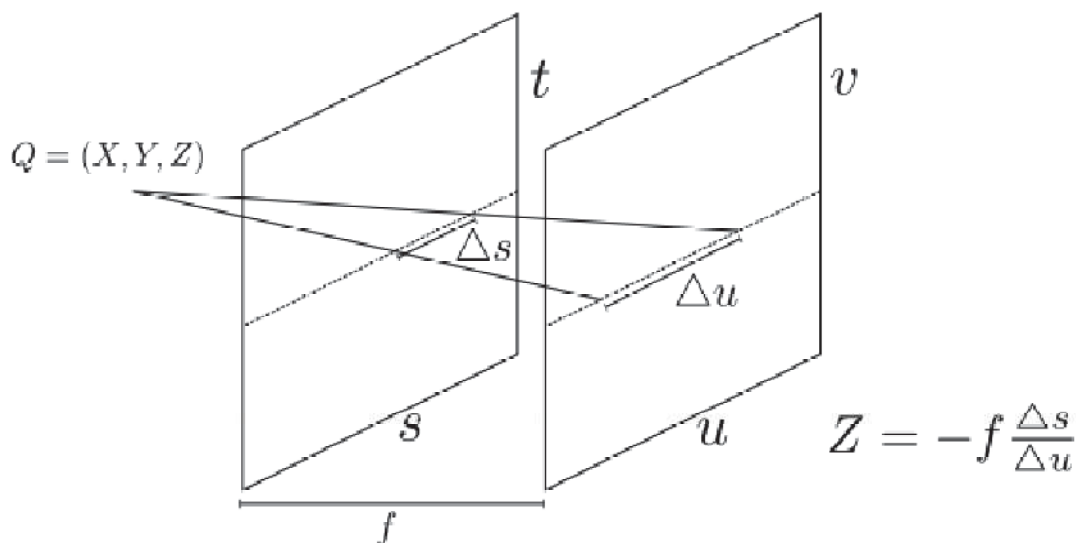


Figure 3 A scene point $P(X, Y, Z)$ in space, and its projection in the LF, with planes separated by a distance f using Light field model $L(u, v, s, t)$ of (2). It is possible to find the depth Z by using the differences in the epipolar projection of the point. This is equivalent to find the slope $\partial s / \partial u$.

2 Depth Evaluation in the LF

Based in the taxonomy of stereo algorithms, is possible to create a depth estimation algorithm to be used in light fields, the changes of an standard stereo algorithm are discussed in detail in the next sub section:

2.1 Cost computation

A Cost Volume $C_s(p_{(u,v)}, d_s)$, is created from the LF, given by equation 2, all elements of this volume, stores the color difference (or dissimilarity) at several disparities between pixels. Each pixel in the light $L(s, t, u, v)$, is compared with all pixels in $L(s, t, u - sd_s, v)$, for $ds = \{d_{smin}, \dots, d_{smax}\}$, where d_{smin} and d_{smax} are the minimum and maximum expected disparities, the values of d_{smin} and d_{smax} are determined by the capture conditions, for example, the camera intrinsics, and the characteristics of the scene. Normally camera intrinsics are previously known.

The cost then is given by:

$$(2) C_s(p_{(u,v)}, d_s) = \bigvee_{i=1}^{i=c} N_{ds} (E_s [L_c \{s, t, u - sd_s, v\}] I_s - L_c \{s, t, u - sd_s, v\})$$

where c is an index of color channels in the radiance of the light rays, this model, only takes in to account color spaces where the values of channels are equivalent, for example RGB color space. The variable E_s is an expected value estimator along one of the two angular coordinates. For example, the coordinate s in Equation 2. In this document, the mean and the median are used as E_s . The function N_{ds} is the cost measure distance of a pixel $p_{(u,v)}$, for an specific disparity d_s . Finally, I_s is an identity matrix, placed to repeat $E_s[L_c \{s, t, u - sd_s, v\}]$ along the s dimension and allow the dimensionality of the difference.

2.2 Cost aggregation

The cost function $C_s(p_{(u,v)}, d_s)$ to find the disparity, usually is object of many manipulations to increase the performance in the final step. A common operation consist in the aggregation of cost using windows of constant disparity d , over a three-dimensional cost $Csp_{((u,v), ds)}$. An extensive comparison of mean, Gaussian, shiftable and others square windows, can be found in (3). Recently, adaptive support windows have been proposed, and are well studied in (10). In this work, as an evaluation procedure, are used squared

Gaussian windows of size N and standard deviation $\mathbf{V}_N$, following the three-sigma rule.

The cost aggregation can be represented by the Equation 3

$$(3) C_{ws}(p_{(u,v)}, d) = W(q_{w(m,n)}, d) * C_s(p_{(u,v)}, ds),$$

where W represents the window filter of size $m \times n$, in the evaluation, only squared kernel windows are used, of size $n \times n$, to calculate $C_{ws}(p_{(u,v)}, d)$.

2.3 Disparity computation / optimization

Disparity is selected searching in Equation 3, for the minimum cost per pixel along the disparity dimension $c_{min}(u, v)$, which occurs at disparity $d_{mins}(u, v)$. No other optimization algorithm was used in this step. The same occurs with the last step of the taxonomy, no disparity refinement algorithm was implemented, in order to have smoothing operations only in the aggregation step of the taxonomy.

3 Evaluation Methodology

The basic structure of our Evaluation methodology, follows completely the first three steps of the taxonomy proposed by (3), which consists in applying on a pair of rectified images, first, a matching cost computation (2.1), followed by the aggregation of cost using windows (2.2), then a disparity selection via Winner-Takes-All the final step or the post-processing is not taken into consideration in this document, there are many techniques but this step do not provide more information to the other three steps of the taxonomy and is heuristic. We decided to follow a taxonomy in order to make the algorithm more understandable, so that the results presented here can be used and reproduced. Each step of the evaluation is discussed below.

3.1 Cost computation

As the the cost measure distance function N_{ds} , are used the L_1 and L_2 norms. As an equivalent of the Sum of Absolute Differences (SAD), and the Sum of Squared Differences (SSD). Also as the expected value estimator variable E_s , are used the Median, and Mean.

3.2 Cost Aggregation

The performance of local stereo methods depends en-

tirely on the election of a support weight, used in this step, [3, 11]. In this paper are used Gaussian windows, at 12 different squared sizes, of: 1(No window), and [3, 5, 7, ..., 29]. With larger than 29×29 windows, the algorithm lost performance due to the well known fattening effect(10).

3.2.1 Windows

The mean window represent only an average of the square vicinity of a central pixel, is the simplest window and do not require any parameter other than its size n .

Gaussian window requires Besides its size n , the value of the variance σ , this is calculated using an commonly used heuristic value in the literature of implementation(8) presented in equation 4.

$$(4) \sigma = 0.3\left(\frac{n}{2} - 1\right) + 0.8$$

3.3 Evaluation

The results were tested on the recent ground truth light fields, of the Heidelberg Collaboratory for Image Processing HCI, (9). which consist of 13 LF datasets the mean values over the 13 datasets are taken into consideration.

The results shown in the next section are the mean values of the following two error measures.

1. E_{RMS} Represent the *RMS* or Root Mean Squared error given by the equation 5.

$$(5) E_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{(x,y)} \{d_O(p_{(x,y)}) - d_{GA}(p_{(x,y)})\}^2}$$

Where T is the number of pixels in the image, $d_{GA}(p_{(x,y)})$ the ground truth disparity map in all valid pixels.

B or percentage of of bad pixels given by the equation 6.

$$(6) B = \frac{1}{T} \sum_{(x,y)} \{|d_O(p_{(x,y)}) - d_{GA}(p_{(x,y)})| > \delta_d\}$$

Where δ_d is a disparity error tolerance. For the experiments we use 1.0 since this coincides with previously

published studies (3, 6, 12, 13, 14, 15).

4 Results and conclusions

The results are plotted in Figures 4 through 7. The Figure 4 shows the mean *RMS* error, the lower, the better, in this case, the Median- L_1 estimator achieves the best results, with a minimum for a 5×5 window, The Figure 5 shows the mean percentage of bad pixels for a $\delta_d = 1$, the lower, the better, in this case, again the Median- L_1 estimator achieves the best results, with a minimum also with a 5×5 window.

In the Figure 6, is shown a ground-truth depth map for the sample (papillon) of the database of (9). A synthetic color-map was applied to the depth map, to increase the depth perception. The best depth map obtained in the B metric is shown on Figure 7. Finally in the Figure 8 is shown a resulting depth map without any aggregation window applied to the cost volume.

In the 4 cases studied, the best couple was Median- $L1$, which resembles other studies done in stereo (3, 16), however, it is noteworthy, that contrary to stereo, the size of the windows with the best solution is lower, this means that the inflection point in where the fattening effect that affects the metric, is lower than in stereo. as may be compared to previous studies (3), we believe this is due to the greater amount of redundant information obtained from the multiple views in the LF, that makes it require less filtering, and also the lack of noise in the synthetic LF .

An analysis of the curves that make use of the L^1 norm and the L^2 norm, it can be seen that L^1 gives a better estimate of the depth when is used in conjunction with an aggregation window, which is the usual case, only was overwhelmed by a short range by the $L1$ norm, when no window is used.

It is hoped that this work will contribute to the analysis of the depth of the light fields, providing a well detailed taxonomy, for future researchers to improve existing algorithms and provide a tool to guide future depth map estimation algorithms using light field, all metrics in this document can be compared with the state-of-the-art of similar works in (3, 9). A sample code to support this article can be found in matlab-central.

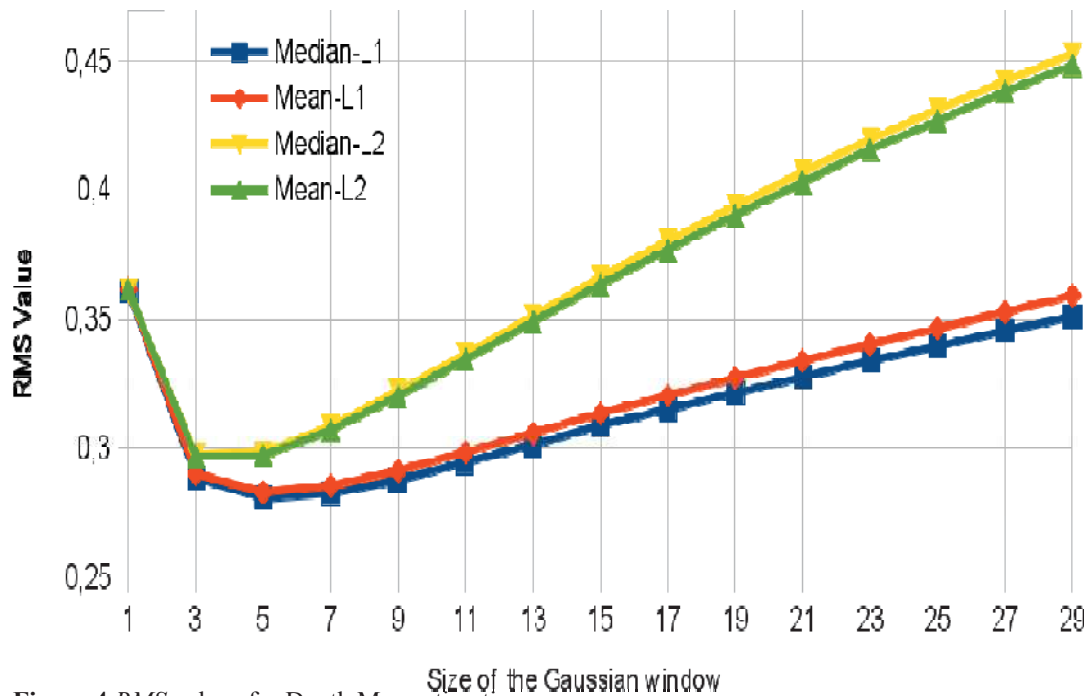


Figure 4 RMS values for Depth Map estimation

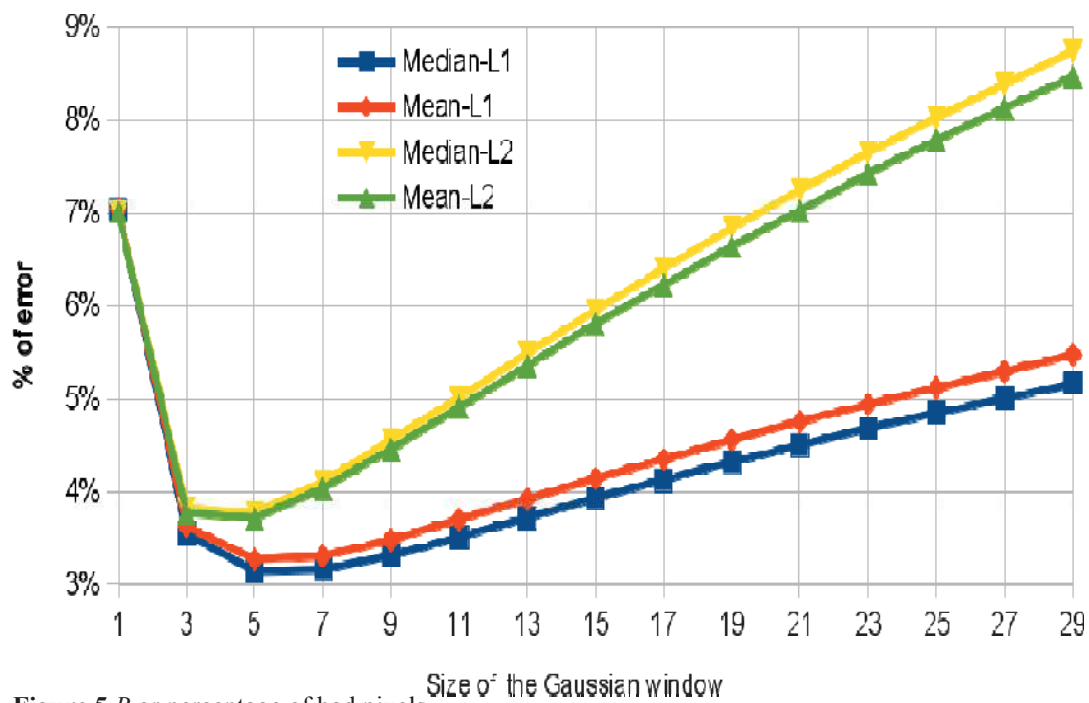


Figure 5 B or percentage of bad pixels

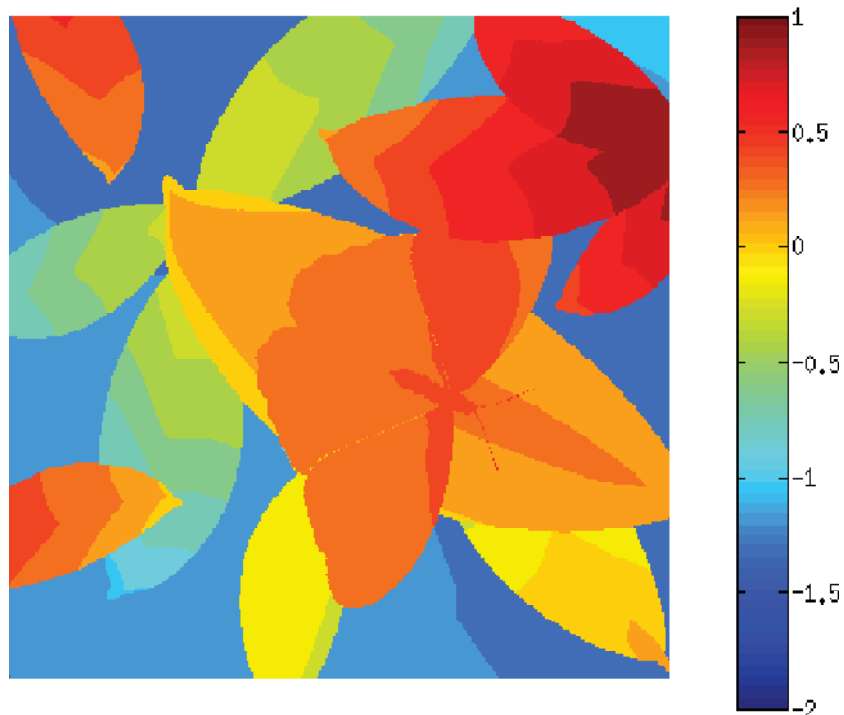


Figure 6 Ground truth for the LF database of (9), for the sample called papillon.

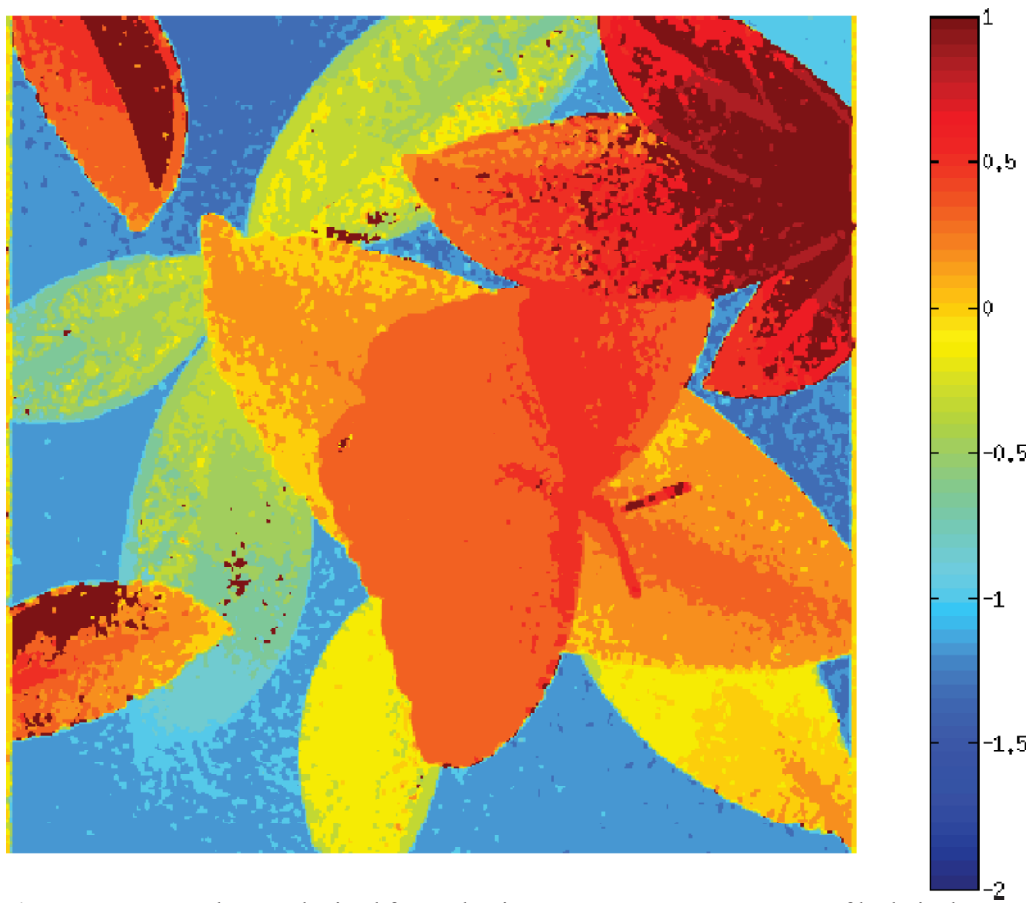


Figure 7 Best Depth map obtained for evaluation parameter B or percentage of bad pixels.

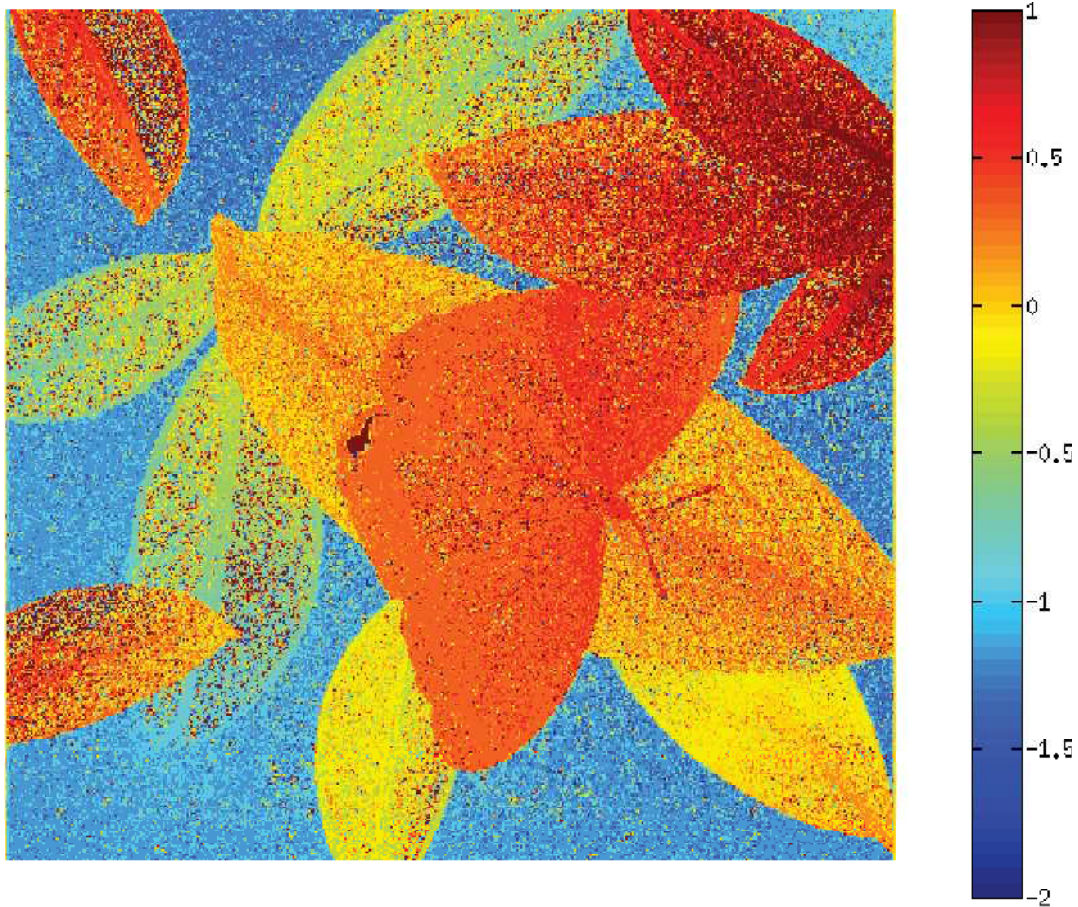


Figure 8 Depth map obtained without the use of an aggregation window.

BIBLIOGRAPHY

1. Levoy M, Hanrahan P. Light Field Rendering. In: SIGGRAPH; 1996.p. 1–12.
2. Levoy M. Light fields and computational imaging. IEEE ComputerSociety. 2006.
3. Scharstein D, Szeliski R. A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms. International Journal ofComputer Vision. 2002;47(1-3):7–42.
4. Seitz SM, Curless B, Diebel J, Scharstein D, Szeliski R. A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms. In: 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Volume 1 CVPR06. vol. 1. IEEE. Ieee; 2006. p. 519–528.
5. Li J, Li Z. Continuous depth map reconstruction from light fields. In: Multimedia and Expo (ICME), 2013 IEEE. vol. 2; 2013. .
6. Geiger A, Roser M, Urtasun R. Efficient large-scale stereo matching. Computer Vision ACCV 2010 Springer Berlin. 2010;6492:25–38.
7. Liang Ck, Lin Th, Wong By, Liu C, Chen HH. Programmable Aperture Photography: Multiplexed Light Field Acquisition. In: SIGGRAPH; 2014. p. 1–10.
8. Bradski GR, Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. 1st ed. Sebastopol, Canada: O'Reilly; 2008.

9. Wanner S, Meister S, Goldluecke B. Datasets and Benchmarks for Densely Sampled 4D Light Fields. In: Vision, Modelling and Visualization (VMV); 2013. .
10. Hosni A, Bleyer M, Gelautz M. Secrets of Adaptive Support Weight Techniques for Local Stereo Matching. Computer Vision and Image Understanding. 2013 Feb;.
11. Hirschmuller H, Scharstein D. Evaluation of stereo matching costs on images with radiometric differences. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2009 Oct;31(9):1582–99.
12. Damjanović S, van der Heijden F, Spreeuwers LJ. Local Stereo Matching Using Adaptive Local Segmentation. ISRN Machine Vision. 2012;2012:1–11.
13. Heijden FVD, Spreeuwers LJ, Group S. Local Stereo Matching Using Adaptive Local Segmentation. 2012;p. 1–15.
14. Klaus A, Sormann M, Karner K. Segment-Based Stereo Matching Using Belief Propagation and a Self-Adapting Dissimilarity Measure. In: 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06). IEEE; 2006. p. 15–18.
15. Vladimir Kolmogorov RZ. Multi-camera Scene Reconstruction via Graph Cuts. In: European Conference on Computer Vision; 2002. p. 82 – 96.
16. Nalpantidis L, Sirakoulis G, Gasteratos A. Review of Stereo Vision Algorithms: From Software to Hardware. International Journal of Optomechatronics. 2008;2(4):435 – 462.

SISTEMA ANTI COLISIONES PARA NAVEGACIÓN EN INTERIORES DE UN QUACOPTER USANDO UN CONTROLADOR DIFUSO Y SENSORES DE RANGO

ANTI-COLLISION SYSTEM FOR INDOORS
QUADCOPTER NAVIGATION USING FUZZY
CONTROLLERS AND RANGE SENSORS



Rubén Darío Fonnegra Tarazona¹, Felipe Ríos Lopera², Germán David Góez Sánchez³

¹. Estudiante Ingeniería en Electrónica Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM Medellín, Colombia

². Estudiante Ingeniería en Electrónica Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM Medellín, Colombia

³. Docente Ocasional, Grupo Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM Medellín, Colombia

Recibido: 10 Febrero de 2015

Aceptado: 6 Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Rubén Darío Fonnegra Tarazona; E-mail: rubenfonnegrat1015@gmail.com

RESUMEN

Este proyecto presenta los resultados de la introducción de un control de velocidad mediante la utilización de sensores de ultrasonido y acelerómetro para la detección de objetos, asociados a un controlador difuso para prevenir colisiones en espacios cerrados. Con la implementación de este modelo anti colisión, la navegación de robots aéreos en interiores se hace más segura.

Palabras claves: Sensores de rango, navegación espacial, evasión de obstáculos, procesamiento de señales, sonar, Quadrotor, lógica difusa, controlador difuso.

ABSTRACT

This project presents the results of introducing a speed control by using ultrasound and accelerometer sensors to detect objects associated to a fuzzy controller to prevent collisions in enclosed spaces. By implementing this anti-collision model, indoor navigation of aerial robots becomes safer.

Keywords: range sensors, spatial navigation, obstacle avoidance, signal processing, sonar, Quadrotor, fuzzy logic, fuzzy controller

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de controlar sistemas aéreos autónomos de forma remota ha generado una creciente inquietud en la investigación relacionada. La selección de un Estos vehículos comúnmente denominados como UAV (Unmanned Aerial Vehicle por sus siglas en inglés), depende del estudio del entorno de trabajo y de la aplicación que se le pretenda dar. La razón es que el UAV difiere enormemente dependiendo de la situación (1); esto incluye los posibles sensores a utilizar y el hardware y software a ser implementado (2), diferenciándose en tres tamaños básicos: Grandes, medianos y pequeños, caracterizados por el tipo de motores; si son eléctricos, a reacción o combustión y la autonomía de vuelo.

Los UAV de tamaño grande y mediano se caracterizan por ser de ala fija, con autonomía de vuelo en horas, siendo el Predator y el Global Hawk vehículos aéreos de amplio reconocimiento en el ámbito militar por su uso en diferentes lugares del mundo. Su autonomía es de 36 horas y 16 horas de vuelo respectivamente (2), con guiado por un controlador humano de forma remota. Sus sistemas de reconocimiento se componen de un radar de apertura sintética, complementados por lentes ópticas y de infrarrojos. Para la navegación cuentan con sistemas GPS de alta precisión y altímetro, asociados a un sistema de comunicación satelital con el cual se realiza el monitoreo y control (3) (4).

Los UAV de tamaño reducido, son modelos de helicópteros, desde una, hasta varias aspas (tricopter, quadcopter u optocopter) siguen el mismo patrón de vuelo y control. Estos tipos de UAV no tienen aspas de cola para controlar la rotación, sino que en el caso de los quadcopter, dos motores rotarán en sentido horario y los otros dos motores girarán en sentido anti

horario, con la finalidad que el quadcopter compense la rotación y se mantenga estable (5); aunque dependiendo de la configuración pueden tener más motores, los cuales pueden ser controlados a partir de técnicas de control clásico (6) (7) o inteligencia artificial (8). En la figura 1, se muestra el sistema de fuerzas que interviene en un UAV tipo quadcopter.

Un quadrotor se controla variando únicamente la velocidad angular de los cuatro motores:

$x = (x, y, z)$ es el vector de posición del quadrotor

$\alpha = (\phi, \theta, \psi)$ son los ángulos de Euler del quadrotor (pitch, roll y yaw respectivamente)(6).

En (9) se presenta un algoritmo de control basado en un sistema 3D, para navegación en interiores, donde el algoritmo de control es probado mediante simulación. Pero los métodos de control y navegación requieren información exacta de la posición a partir de las mediciones realizadas con giroscopio, acelerómetro y otros dispositivos de medición, ya sean sensores de distancia o geo-posicionados (10). En (11), presentan una técnica de posicionamiento en un entorno cerrado basados en sistemas de medición de distancia el cual se vale de un sistema distribuido para evitar colisiones.

Para determinar y resolver el sistema de navegación inercial (INS), se usan sensores que determinen la inclinación, lo mismo que sensores que entreguen la aceleración en tres ejes (x, y, z). Debido a la integración de los valores de aceleración de la posición se calcula con el aumento de error (la desventaja de todos los INS). Estos valores entregan la posición real estimada al controlador, donde se determina la señal de control a los motores basada en una modulación por ancho de pulso (PWM) (12). Otra técnica para navegación en interiores se observa en (13), donde se construye un sistema distribuido de sensores, no a bordo del UAV que le proporcionan información de la localización mediante un sistema de comunicación inalámbrica. Las pruebas realizadas muestran precisión de 50cm en interiores, logrando descender de forma suave sin ayuda de un controlador humano.

2. METODOS Y PROCEDIMIENTOS

A continuación se describe como se construyeron los diferentes experimentos que permitieron obtener los

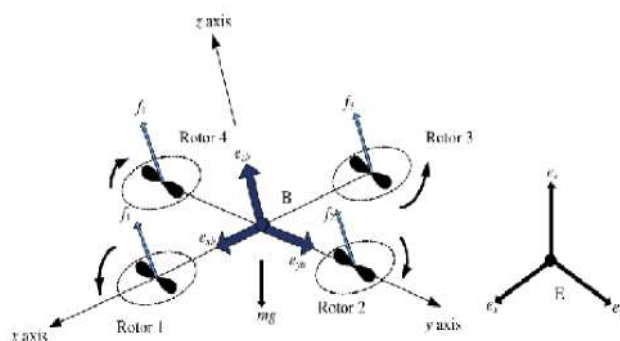


Figura 1, sistema de fuerzas y torque en quadrotor (9)

datos de distancia y aceleración en cada uno de los ejes del UAV.

A. Obtención de las mediciones de distancia

Los sistemas mecánicos tienen frecuencias naturales de vibración. Cuando se excita un sistema mecánico en una de sus frecuencias naturales de oscilación, hay una transferencia máxima de energía por parte de la fuente excitadora hacia el sistema, y la amplitud de la vibración aumenta hasta un máximo. En estas condiciones decimos que el sistema está en resonancia con la fuente y nos referimos a la frecuencia particular en la cual esto ocurre como frecuencia de resonancia. La relación entre la frecuencia f , la longitud de la relación entre la frecuencia f , la longitud de onda λ , y la velocidad v de la onda, que se propaga a través del sistema es:

$$v = \lambda * f \quad (1)$$

Si se conoce la frecuencia y la longitud de onda, es posible deducir su velocidad; o si es conocida la longitud de onda y la velocidad, se puede calcular la frecuencia. Esto es fácilmente deducible en un sistema ideal, pero en realidad la velocidad del sonido está directamente relacionada con la temperatura ambiente y el material por el que se propague. Por esta razón se hace necesario implementar una técnica de corrección por temperatura ya que el sensor seleccionado de referencia HC-SR04 entrega la medida de tiempo de vuelo de la señal ultrasónica sin presentar corrección por temperatura, lo que es crítico en la navegación en interiores. En la figura 2, se presenta el diagrama de tiempos para este sensor.

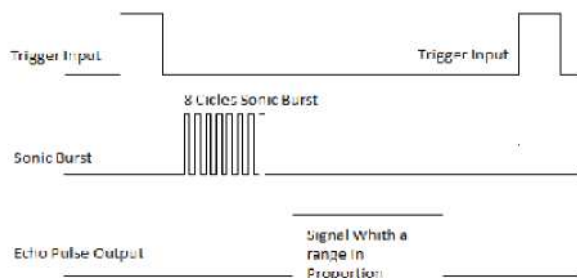


Figura 2, diagrama de tiempos del sensor hc-sr04

B. Muestreo del Sensor Ultra Sonido

Para garantizar el éxito del programa de muestreo se recogieron un número de muestras representativo a diferentes horas del día, contando con la presencia de un termómetro con el cual se registró la temperatura al momento tomar la muestra. El sensor ultrasonido entrega el valor del tiempo de vuelo de la señal de

sonido. Aplicando la siguiente formula se puede determinar la velocidad del sonido en ese preciso momento.

$$s = v_{\text{sonido}} * \frac{t_{\text{sonido}}}{2} \quad (2)$$

- s = Distancia al objeto
- v = Velocidad del sonido
- t = Tiempo de vuelo de la señal en segundos

La frecuencia de recolección de la muestra es la siguiente:

- 7 Muestras, a una hora distinta
- 30 Datos por muestra
- Distancia 2mts

La recolección de estas muestras se realizara en un total de tres semanas, con el fin de garantizar la homogeneidad de la muestra. En la tabla 1 se muestran los resultados estadísticos de las muestras en función de la velocidad del sonido a diferentes temperaturas.

C. Estimación de la velocidad a partir de los sensores ultrasonido

En la ecuación 3, se obtiene la velocidad del UAV tomando como la razón de cambio en la distancia recorrida desde un punto inicial al punto final. Estos puntos se determinan con la lectura de distancia desde el sensor ultrasonido hasta el objeto que se muestra como obstáculo en la dirección del movimiento (ut), con un intervalo de 160 ms entre las dos mediciones.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (3)$$

$$\Delta s = M_1 \cdot v_{\text{sonido}} \cdot \frac{t_{\text{sonido}}}{2} - M_2 \left(v_{\text{sonido}} \cdot \frac{t_{\text{sonido}}}{2} \right) \quad (4)$$

Donde M_1 y M_2 son las distancias tomadas desde el quadrotor hasta el objeto obstáculo.

v , es la velocidad del quadrotor en función de la distancia recorrida tomada de las mediciones de los sensores ultrasonido.

D. Sensor Inercial

Los sensores inerciales miden la aceleración y velocidad angular respecto a un eje de referencia. Está compuesto por acelerómetros, giróscopos y magnetómetros. Los acelerómetros miden la aceleración lineal respecto a los ejes (x y z), los giróscopos miden la velocidad angular respecto a los ejes (x y z) y los

magnetómetros dan información acerca del norte magnético en grados.

El sensor seleccionado es un GY-85 IMU; que a su vez integra tres sensores (14–16):

- Acelerómetro de 3 ejes,
- Giroscopio de 3 ejes
- Sensor de campo magnético de 3 ejes.

Las referencias de los integrados son:

- ADXL345 (Acelerómetro)
- HMC5883L (sensor de campo magnético)
- ITG3205 (Giroscopio)

E. Estimación del ángulo de inclinación

Las ecuaciones que permiten transformar los datos de aceleración de cada uno de los ejes, en el ángulo de inclinación del UAV, se describen en la ecuación # (17)

$$\theta = \arctan\left(\frac{Ax}{\sqrt{Ay^2 + Az^2}}\right) \quad (5)$$

$$\psi = \arctan\left(\frac{Ay}{\sqrt{Ax^2 + Az^2}}\right) \quad (6)$$

$$\phi = \left(\frac{\sqrt{Ax^2 + Ay^2}}{z}\right) \quad (7)$$

Donde:

$$\begin{aligned} A_x &= F_x \\ A_y &= F_y \\ A_z &= F_z \end{aligned}$$

Estos son datos entregados por el acelerómetro.

F. Estimación de las medidas de distancia

La estimación de las medidas tomadas con cada uno de los sensores, ya sean de distancia o inerciales, no debe ser ingresada directamente al controlador, la razón, son las posibles perturbaciones relacionadas con el ambiente, presión atmosférica o aceleración (Hafner et al., 2010) de esta forma se usa un filtro de Kalman para fusionar dos canales sensoriales para una sola estimación de altitud, de distancia y acelera-

ción respecto a objetos circundantes, suavizando las perturbaciones inesperadas mediante determinando el error medio cuadrático (Técnico, 2003) (18).

G. Filtro de Kalman

El filtro de Kalman es un algoritmo que permite identificar el estado oculto (no medible) de un sistema dinámico lineal, pero sirve además cuando el sistema está sometido a ruido blanco aditivo. El filtro de Kalman es capaz de escoger la de forma óptima cuando se conocen las varianzas de los ruidos que afectan al sistema. El filtro de Kalman es un algoritmo recursivo y óptimo de procesamiento de datos, el cual tiene varias aplicaciones, entre ellas, es útil para la estimación de modelos auto regresivos (19), la estimación de modelos con parámetros que cambian en el tiempo, la estimación de modelos con componentes no observables. Además puede estimar sistemas dinámicos especificados en la forma de estado-espacio (State-Space). Los modelos estado-espacio son esencialmente una notación conveniente para abordar el manejo de un amplio rango de modelos de series de tiempo (11).

H. Control de velocidad mediante lógica difusa

El controlador de lógica difusa se diseñó para automatizar cómo un experto humano el control de velocidad en función de la distancia hacia un obstáculo, tomando como referencia el ingreso en un área que presenta riesgo de colisión. El control difuso requerido para el sistema es de siete entradas y dos salidas. Los datos de entrada provienen de los cuatro sensores ultrasonido que entregan la distancia hasta los objetos circundantes, además tomando la distancia con un mismo sensor en la dirección del movimiento, se determina la velocidad del UAV, la cual se ingresa como una quinta entrada al controlador difuso; las otras dos entradas corresponden a los ángulos de inclinación obtenidos a partir de la lectura del acelerómetro. Las salidas del controlador difuso se refieren a los ángulos (Pitch y Roll), con su respectiva corrección para evitar la colisión con el obstáculo. En la tabla I se describen las funciones de membresía para la entrada y la salida (20).

Tabla 1, funciones de membresía

Input Sensores	Tipo	Rango
Cerca	Triangular	[0.5 1.5 2.5]
Cerca Riesgo	Triangular	[-0.5 0.5 1.5]
Medio	Triangular	[1.5 2.5 3.5]
Lejos	Triangular	[2.5 3.5 4.5]
Input Velocidad m/s		
Baja	Triangular	[0 1 2]
Media	Triangular	[1 2.25 3.5]
Media Alta	Triangular	[2.5 3.75 5]
Input Pitch, Roll		
Baja Inclinación	Triangular	[-45 -45 -9]
Media Inclinación	Triangular	[-35 0 35]
Alta Inclinación	Triangular	[10 45 45]
Output Pitch, Roll		
Baja Inclinación	Triangular	[-45 -45 -9]
Media Inclinación	Triangular	[-35 0 35]
Alta Inclinación	Triangular	[10 45 45]

Para el diseño del controlador difuso se utilizó el toolbox de Matlab, en el cual se construyeron los conjuntos difusos, las reglas que las relacionan y las salidas de ángulo, Pitch y Roll. Estas salidas sirven como insumo a un segundo controlador quien entrega los valores exactos de potencia de los motores o en caso de una plataforma de ala fija entrega el movimiento de los alerones (21).

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados de la caracterización del sensor ultrasonido usado en el mapeo, además de la implementación del controlador inteligente que relaciona y estima la velocidad a partir de la lectura de los sensores de distancia respecto a un objeto que se encuentra en el camino.

A. Datos experimentales

Los resultados experimentales de la caracterización del sensor de distancia por ultrasonido de referencia HC-SR04 se presentan en la tabla 2.

En las pruebas del sistema, se utilizó un obstáculo, ubicado a 2mt, del sensor. El sensor y el obstáculo se montaron con soportes especiales de precisión sobre una mesa para aplicaciones electrónicas; con el fin de

obtener la mayor exactitud en la toma de los datos mencionados. Con la ayuda de un sistema de medición de temperaturas, se tomo la temperatura promedio entre ambos obstáculos, realizando un Barrido de temperatura desde 17°C (Temperatura ambiente) hasta 33°C.

Los resultados nos permiten obtener la ecuación lineal que relaciona la velocidad del sonido y la temperatura en el lugar de pruebas para el sensor propuesto, figura 2.

$$v_{\text{sonido}} = 0.8008 * T + 328.27 \quad (8)$$

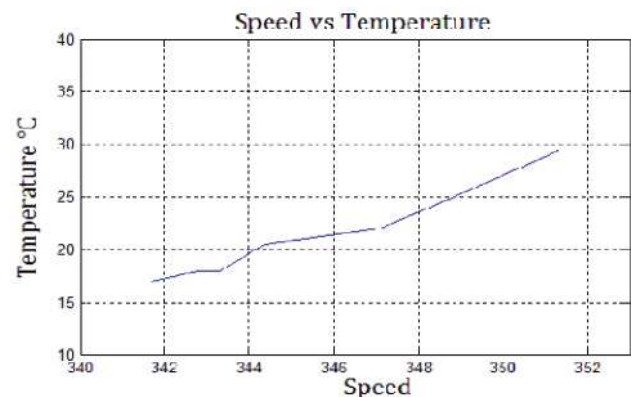


Figura 3, respuesta de la velocidad del sonido en función de la temperatura

Tabla 2. Estadística sensor ultra sonido

Distancia	mt	Tiempo	sg	Velocidad	mt/sg
Media	2	Media	0,00578629	Media	345,5625
Error típico	0	Error típico	4,17E-06	Error típico	0,24915497
Mediana	2	Mediana	0,0058	Mediana	344,828
Moda	2	Moda	0,00585	Moda	347,1
Desviación estándar	0	Desviación estándar	6,04E-05	Desviación estándar	3,6105985
Varianza de la muestra	0	Varianza de la muestra	3,65E-09	Varianza de la muestra	13,0364
Curtosis	0	Curtosis	-1,25297118	Curtosis	-1,2422
Coeficiente se asimetría	0	Coeficiente se asimetría	-0,414701648	Coeficiente se asimetría	0,403362
Rango	0	Rango	0,00024	Rango	14,277
Mínimo	2	Mínimo	0,00564	Mínimo	340,136
Máximo	2	Máximo	0,00588	Máximo	354,412
Coeficiente de variación	0	Coeficiente de variación	0,010444759	Coeficiente de variación	0,0104484

Los resultados obtenidos para el sensor HC-SR04, muestran una precisión menor a 0.5 cm en la medición de distancia del UAV hacia el objeto que se presenta como obstáculo, a la vez que nos permite determinar de forma confiable la velocidad de aproximación del UAV. De esta forma el controlador difuso pueda entregar los datos de corrección para evitar la colisión.

B. Control anticolidión difuso

En esta sección son mostrados los resultados del controlador difuso para prevenir colisiones en entornos cerrados. En la Ilustración III, se presenta la respuesta del controlador difuso ante el ingreso del UAV en el área de riesgo de colisión. Esta área de colisión está definida por la distancia máxima que puede medir el sensor Ultrasonido seleccionado. Para la referencia HC-SR04, es de cuatro metros, más la corrección por temperatura antes hallada en la ecuación 8.

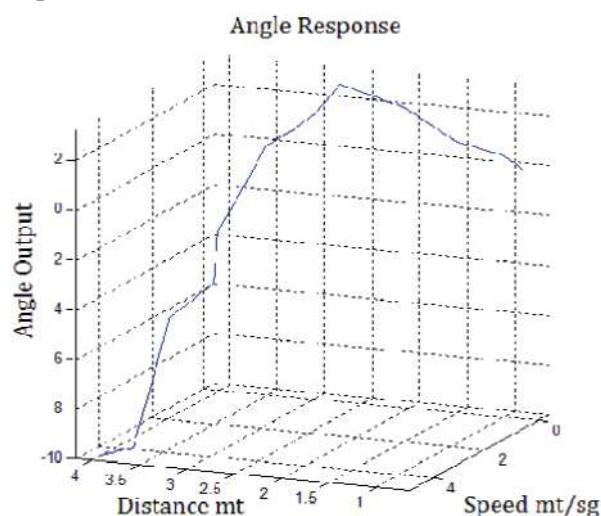


Figura 4, Ángulo de salida en función de la velocidad y la cercanía al obstáculo

Los resultados muestran que mientras el UAV se encuentre fuera del área de colisión, el controlador se encuentra desactivado, pero a medida que el vehículo ingresa en el área de riesgo el controlador evalúa la velocidad de aproximación, la inclinación angular (Pitch, Roll), entregando el Angulo de salida corregido (Pitch, Roll) que debe tomar el UAV para reducir la velocidad lineal de desplazamiento y prevenir la colisión.

En la figura 4, se muestra la plataforma de pruebas usada, la cual se diseñó para este Proyecto. La plataforma consta de un Sistema Arduino FIO, el IMU GY-85, cuatro sensores HC-SR04 y la comunicación se realiza mediante módulos Zigbee, los cuales se conectan al controlador fuzzy ejecutado desde Matlab.

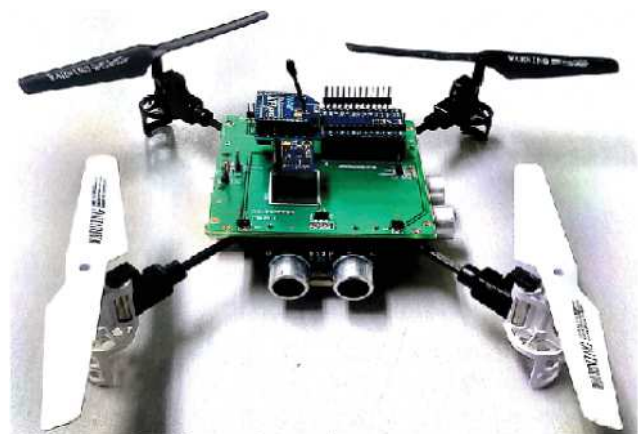


Figura 4, Plataforma de pruebas

CONCLUSIONES

Presentando el prototipo de vehículo aéreo utilizado para la realización de las pruebas reales, se demuestra que es posible implementar un UAV completamente

funcional y de bajo costo y bajo procesamiento, siendo implementado autónomamente con el controlador presentado en esta propuesta. Aunque el controlador es solo una medida de aseguramiento e independencia del vehículo contra colisiones, también se hace posible incorporar la navegación controlada por medio de otros dispositivos remotos sin perder autonomía ni prioridad del controlador difuso.

Los resultados también sugieren claramente que el controlador difuso provee el procesamiento de las señales necesarias obteniendo resultados satisfactorios con respecto prevención de colisiones, logrando detener el vehículo Aéreo no tripulado antes de colisionar con el obstáculo.

El sistema propuesto para prevención de colisiones puede ser implementado tanto en UAVs guiados a control remoto, como en vehículos completamente autónomos, ya que se propone como un sistema a bajo nivel, donde entra en funcionamiento cuando el UAV

se aproxima a un obstáculo a una velocidad que presenta riesgo de colisión, de esta forma el controlador cambia el ángulo de inclinación para disminuir la velocidad de aproximación hasta detener el UAV.

Aunque el controlador presenta algunas limitantes con respecto al procesamiento de los diferentes datos obtenidos mediante la cantidad de sensores implementados; como trabajo futuro será posible utilizar procesadores sobre sistemas embebidos para realizar procesamiento en la board directamente sobre el vehículo aéreo no tripulado

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está enmarcado en labores de investigación del grupo de investigación en Automática, electrónica y Ciencias Computacionales, del Centro de Investigación del Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Con el proyecto de investigación P14101.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sáenz S, Aguirre J, Zuluaga-- J, Hazbon O, Bolivariana UP, Paulo UDS, et al. Diseño Detallado de un Vehículo Aéreo No Tripulado Multipropósito de Bajo Costo para su Operación en Colombia. :1–9.
2. Quadcopter : Construcción , control de vuelo y navegación GPS Autor : Eduardo Parada Pardo Director : 2012;
3. Morgenthaler S, Braun T, Zhao Z, Staub T, Anwander M. UAVNet: A mobile wireless mesh network using Unmanned Aerial Vehicles. 2012 IEEE Globecom Work [Internet]. Ieee; 2012 Dec;1603–8. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6477825>
4. Muller M, Lupashin S, D'Andrea R. Quadrocopter ball juggling. 2011 IEEE/RSJ Int Conf Intell Robot Syst [Internet]. Ieee; 2011 Sep;5113–20. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6094506>
5. Nagai M, Shibasaki R, Kumagai H, Ahmed a. UAV-Borne 3-D Mapping System by Multisensor Integration. IEEE Trans Geosci Remote Sens [Internet]. 2009 Mar;47(3):701–8. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4783021>
6. Go J. Unscented Kalman Filter for an orientation module of a quadrotor mathematical model. 2013;
7. Elizabeth FQ, Schoellig AP, Wiltscche C, Andrea RD. 2012 American Control Conference Feed-Forward Parameter Identification for Precise Periodic Quadrocopter Motions. 2012;
8. Hafner V V, Bachmann F, Berthold O, Schulz M, Müller M. An autonomous flying robot for testing bio-inspired navigation strategies Quadrocopter platform Simulation of the Multicopter platform. 2010;1145–51.
9. Puls T, Hein a. 3D trajectory control for quadrocopter. 2010 IEEE/RSJ Int Conf Intell Robot Syst [Internet]. Ieee; 2010 Oct;640–5. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5650249>
10. Yue C, Yu H, Xu J. Design of quartz accelerometer signal acquisition system. 2011 IEEE Int Conf Mechatronics Autom [Internet]. Ieee; 2011 Aug;1578–82. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5986229>

11. Eckert J, German R, Dressler F, Member S. An Indoor Localization Framework for Four-Rotor Flying Robots Using Low-Power Sensor Nodes. 2011;60(2):336–44.
12. Vojtech Š, Dušan N, Jozef H, Definitions A. Calculation of Robot Position Utilizing Accelerometers in Non-inertial Frame of Reference. 2012;373–6.
13. Puls T, Hein a. Outdoor position estimation and autonomous landing algorithm for quadrocopters using a wireless sensor network. 2010 IEEE/ASME Int Conf Adv Intell Mechatronics [Internet]. Ieee; 2010 Jul;285–90. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5695747>
14. Parameter E. Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. 2011;3–5.
15. Range F. 3-Axis Digital Compass IC. 2011;1–18.
16. Ave B, Number D, Date R. ITG-3205 Product Specification. 2010;1(408):1–38.
17. Yao X, Sun G, Lin W-Y, Chou W-C, Lei KF, Lee M-Y. The design of an in-line accelerometer-based inclination sensing system. 2012 IEEE Int Symp Circuits Syst. Ieee; 2012 May;333–6.
18. Razak NA, Hashim N, Arshad M, Adnan R, Misnan MF, Thamrin NM, et al. A Study of Kalman ' s Filter in Embedded Controller for Real-Time Quadrocopter Roll and Pitch Measurement. 2012;23–5.
19. Técnico I. Uso del filtro de kalman para estimar la tendencia de una serie. 2003;
20. Juriquilla C. artículo invitado La Lógica difusa en ingeniería : PrinciPios , aPLicaciones y futuro conceptos y aplicaciones. 2006;24(2):87–107.
21. Olivera S, Asesor AG. Sistema de Control de un Vehículo Aéreo Autónomo Pequeño. 2002;

CONTROL DE CALIDAD ÓPTICO DE GEM FOILS

OPTICAL QUALITY CONTROL OF GAS ELECTRONMULTIPLIER FOILS



César A. Rodríguez¹, Rafael M. Gutiérrez¹, Andrés E. Jaramillo¹

¹. Grupo de Sistemas Complejos Universidad Antonio Nariño Bogotá, Colombia

Recibido: 10 Febrero de 2015

Aceptado: 8 Marzo de 2016

*Correspondencia del autor: César A. Rodríguez. E-mail: cesararodriguez@uan.edu.co

RESUMEN

El Multiplicador de Electrones de detectores Gaseosos (GEM) es una de las tecnologías útiles y potentes de detectores gaseosos de ionización usados en física de altas energías, física médica y otras aplicaciones. Uno de los elementos básicos de un GEM es la placa con micro perforaciones. Las características de tales perforaciones son fundamentales para un desempeño óptimo del GEM. En este trabajo se comparan diferentes métodos computacionales (implementados en lenguaje de programación Java) con el fin de determinar la calidad de las placas-GEM a partir de imágenes de alta resolución de dichas placas. El método computacional propuesto proporciona una solución alternativa automática y de alta precisión con respecto a las técnicas manuales lentas e imprecisas que se emplean actualmente, las cuales representan una limitación para el desarrollo y aplicación de esta tecnología de detectores.

Palabras claves: placa multiplicadora, detector gaseoso, control de calidad.

ABSTRACT

The Gas Electron Multiplier (GEM) is one of the most popular and powerful technologies for gaseous ionization detectors used in high energy physics, medical physics and other applications. One of the fundamental elements of a GEM is foils with micro perforations; the qualities of such perforations are basic for an optimal performance of the GEM. In this work we study different computational methods (implemented in Java programming language), in order to determine the quality of GEM-foils from high resolution images of the foils. This computational method will provide an automatic and high precision alternative to a procedure which, at the moment, is very expensive, slow and imprecise, being a limitation for the development and application of this important technology of detectors.

Keywords: GEM-foil, gaseous detector, optical quality control.

1. INTRODUCCIÓN

El Multiplicador de Electrones para detectores Gaseosos (GEM) se introdujo en el CERN (European Organization for Nuclear Research) en 1997 (1), y desde entonces se ha usado en diferentes aplicaciones tales como física de altas energías, física médica, física nuclear y otras aplicaciones en las que interviene la interacción materia-radiación. El GEM es un tipo de detector de ionización gaseoso que permite recolectar los electrones que resultan por la radiación ionizante. Es resistente, económico y proporciona un gran desempeño, así como una gran eficiencia en la detección (sobre el 98 %) (2).

El proceso físico con el cual funcionan estos detectores corresponde a la ionización de átomos o moléculas de un gas, generada por radiación o partículas que atraviesan el gas con una energía y unas propiedades determinadas. Los electrones producto de la ionización, son llevados por un campo eléctrico de difusión a una zona de campo eléctrico intenso generado por el GEM-foil, donde se produce una “avalancha de electrones” al ser la ionización proporcional al campo eléctrico, como se puede observar en la Figura. 1.

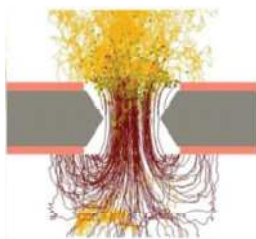


Figura 1. Simulación de una avalancha de portadores de carga en un detector GEM. (Imagen tomada del CERN Newsletter of the PH Department).

Esta amplificación permite generar una señal detectable y procesable a partir de la primera interacción que puede ser muy débil: la ionización producida por una sola partícula, por ejemplo. Esta señal es suficiente para crear una corriente que pueda ser detectada por la electrónica e interpretada por sistemas computacionales.

Considerando que la homogeneidad y control del campo eléctrico depende de la calidad y regularidad de las micro perforaciones del GEM-foil, la calidad de la información generada por este y capturada por la electrónica e interpretada por los computadores y sus interfaces, depende de la calidad de la fabricación del GEM-foils.

Un GEM-foil estándar consta de una lámina aislante de Kapton de 50 μm de grosor, la cual está recubierta por ambas caras con capas de cobre de aproximadamente 5 μm . Esta estructura está perforada con agujeros que tienen un diámetro de 70 μm cada 140 μm y sus agujeros están dispuestos en un patrón hexagonal como se muestra en la figura 2(3). En el proceso de producción fotolitográfica por “etching”, utilizado en la industria de los circuitos impresos y perforaciones con láser entre otros métodos que se están desarrollando, siempre se generan imprecisiones y deformaciones en la geometría y distribución de los agujeros, afectando así el rendimiento y la calidad del detector y por lo tanto del experimento: como ya se mencionó, los agujeros deformados y distribuidos irregularmente generarán diferentes propiedades del campo eléctrico y de la correspondiente amplificación, introduciendo información errónea al detector.

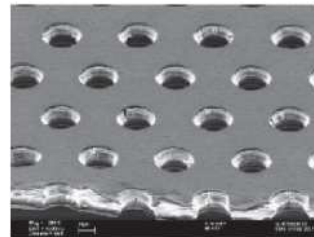


Figura 2. Imagen de la estructura de un MEG tomada con un microscopio electrónico (Imagen del CERN GDD group).

Diferentes estudios han determinado que el promedio de agujeros dañados con las técnicas de fabricación actuales, es de aproximadamente 12 por cada 500000 cubriendo un área de 100 mm $\times$ 100 mm, muy difíciles de detectar rápida y eficientemente considerando que es necesario revisar metros cuadrados al día con una demanda creciente, razón por la cual se necesita un método avanzado de control de calidad (4). Los resultados presentados en este trabajo se centran en la identificación de defectos que no pueden ser detectados a simple vista. Con dicho propósito se producen imágenes de alta resolución y se desarrollan programas de análisis de imágenes especializados en esta necesidad particular, con la versatilidad y flexibilidad necesarias actualmente y aquellas que se irán generando con el desarrollo de los detectores basados en MPGD's y sus crecientes aplicaciones.

El programa desarrollado en este trabajo analiza una serie de imágenes tomadas en alta resolución suministradas por el GSI de Alemania: 3488 x 2616 pixeles con un tamaño de pixel de 1,7 μm $\times$ 1,7 μm para un

área total aproximada de $0.6 \text{ cm} \times 0.45 \text{ cm}$) [Figura. 3].

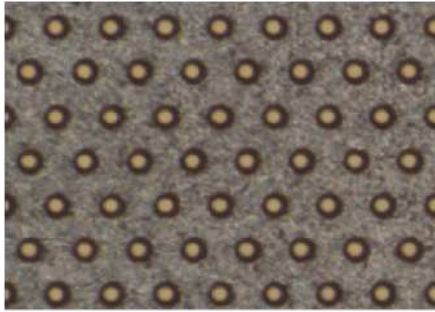


Figura. 3. Sección de imagen de una placa-MEG (Imagen tomada por el Helsinki Institute of Physics de Finlandia y suministrada por el GSI de Alemania).

La presente propuesta contribuye entonces al desarrollo de procesos de control de calidad de los GEM-Foils con métodos ópticos, y fue desarrollada mediante la aplicación de métodos de identificación de formas y contornos activos con previa identificación de centros, como lo indica el siguiente esquema [Figura. 4].



Figura 4. Diagrama de flujo del método propuesto.

En la sección 2 se presentan los métodos utilizados en el trabajo para encontrar los centros de los agujeros del foil. En la sección 3 se explican los procesos experimentales numéricos de comparación entre métodos. En la sección 4 se presentan los resultados y

su discusión. Finalmente en la sección V se dan las conclusiones del trabajo.

2. MÉTODOS

En esta sección se describen los tres métodos implementados para realizar la determinación de los centros de los agujeros de los GEM-foils, y el proceso para aplicar el método de contornos activos a partir de los centros calculados.

A. MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CENTROS

1) Transformada de Hough

La transformada de Hough es una técnica mayormente usada en vision por computador con la cual se pueden detectar curvas paramétricas como líneas, círculos y elipses entre otras, siendo su principal ventaja la tolerancia al ruido. Para detectar los agujeros de los foils, los cuales son circulares, se tiene según (5) que un patrón circular se puede representar por la Ec. 1.

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2, \quad (1)$$

donde x_0 e y_0 son las coordenadas de los centros y r es el radio del círculo.

La detección de los agujeros empieza con la selección de máximos locales en el área analizada la cual es asumida como el centro de la circunferencia, entonces si los índices lineales pertenecen al mínimo valor de pixel en la circunferencia, dicha área es considerada un agujero en la placa.

En este método los centros de los agujeros se identifican de la siguiente forma:

1. Conversión la imagen a escala de grises.
2. Binarización de la imagen en grises.
3. Obtención del negativo de la imagen binaria
4. Erosión de la imagen binaria con una estructura de 3×3 .
5. Aplicación de la transformada de Hough con un radio mínimo de 10 pixeles y un radio máximo de 20 y un máximo de círculos de 1500.

Estos resultados se muestran en la Figura.7.

2) Imagen integral

La imagen integral es una aplicación de las tablas de suma de áreas [Figura. 5]. Este concepto fue introdu-

cido por Crown en 1984 (6), y es utilizado en el área de gráficos por computador.

La imagen integral se define como

$$ii(x,y) = \sum_{x' \# x, y' \# y} i(x',y'),$$

donde $ii(x,y)$ es la imagen integral e $i(x,y)$ es la imagen de intensidad original. La imagen integral se puede calcular en un único paso usando las siguientes fórmulas de recurrencia:

$$\begin{aligned} s(x,y) &= s(x,y-1) + i(x,y) \\ ii(x,y) &= ii(x-1,y) + s(x,y), \end{aligned}$$

donde $s(x,y)$ es la suma acumulativa de la fila, $s(x,-1) = 0$; $ii(-1,y) = 0$.

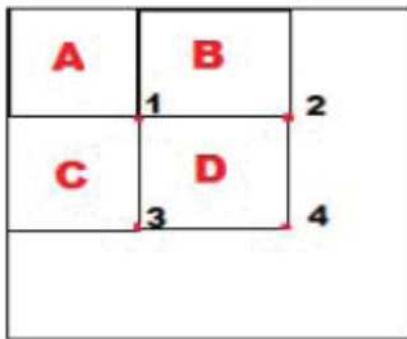


Figura 5. Imagen integral [7]

En este método los centros de los agujeros se marcaron de la siguiente forma:

1. Conversión de la imagen a escala de grises.
2. Binarización de la imagen en grises.
3. Aplicación de la Imagen integral.
4. Umbralización sobre la imagen obtenida en el paso anterior.
5. Cálculo del máximo local.
6. Aplicación de filtro de mediana.
7. Determinación de centroides.

Los centroides son los centros de los agujeros. Estos resultados se muestran en la Figura. 8.

3) Convolución y máximo local

El proceso de convolución consiste en desplazar pixel a pixel a través de toda la imagen una matriz de $H \times K$ denominada kernel, la cual es una matriz de números que se utiliza para calcular el valor del nuevo pixel a partir de sus vecinos; de lo anterior se obtiene como resultado una imagen con los valores del pixel central

por donde se ha desplazado el kernel.

Según (8), la convolución de una imagen discreta se describe como la operación de una imagen X de $(M \times N)$ píxeles y un kernel W de $(H \times K)$ coeficientes, la operación de la convolución de X por W se puede representar por la siguiente expresión:

$$y(i,j) = \sum_{h=0}^{H-1} \sum_{k=0}^{K-1} w(h,k) * x(i-h,j-k),$$

donde $0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1, x(i,j) \in X$ y $w(h,k) \in W$.

Para este caso en particular fue usado un kernel de 27×27 píxeles [Figura. 6], el cual permitió obtener un reforzado espacial de la imagen para luego hallar los máximos locales.



Figura 6. Kernel 27×27 píxeles

En este método los centros se identificaron de la siguiente forma:

1. Conversión la imagen a escala de grises.
2. Binarización de la imagen en grises.
3. Obtención del negativo de la imagen binaria.
4. Generación de un kernel circular de 27×27 píxeles.
5. Convolución del negativo de la imagen con el kernel.
6. Determinación de los máximos locales.

Los máximos locales corresponden a los centros de los agujeros [Figura. 9].

B. CONTORNOS ACTIVOS

Una vez encontrados los centros, la utilización de los contornos activos es fundamental para el desarrollo del presente trabajo debido a que estos permiten identificar que tan perfectos están contruidos los microagujeros en el foil. Básicamente el contorno activo tiene como punto de partida los centros encontrados con los métodos propuestos y a partir de ahí éste crece como una curva paramétrica hasta los bordes de cada agujero. Los contornos activos son curvas paramétricas que pueden desplazarse desde un punto de partida hasta los bordes de un objeto o forma en una imagen

bajo la influencia de fuerzas internas provenientes de la misma curva y fuerzas externas derivadas de la misma imagen.

Según (5), un contorno activo es una curva *Spline* de energía mínima cuya posición se define paramétricamente por $v(s) = (x(s), y(s))$. En el modelo básico, el contorno depende de las fuerzas internas (E_{int}), las cuales determinan tanto la elasticidad como la rigidez; las fuerzas de la imagen (E_{imag}), que tienden a rodear características tales como líneas y bordes; y fuerzas de restricción (E_{res}) impuestas por el usuario. El funcional de energía viene dado por

$$E_{\text{contorno}} = \int_0^1 E_{\text{contorno}}(v(s)) ds$$

ó

$$E_{\text{contorno}} = \int_0^1 E_{(int(v(s)))} + E_{(imag(v(s)))} + E_{(res(v(s)))} ds$$

Una vez aplicados los contornos activos a cada micro agujero en la imagen el programa se extrae información como el radio y tamaño, para así calcular datos como la excentricidad y luego se determina qué tan semejantes son los agujeros obtenidos respecto al modelo circular ideal (Tabla 1).

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIONES

La técnica propuesta se implementó en lenguaje de programación Java en un computador con un procesador Intel® Core™ i5-3570 CPU a 3.40GHz, con 4.0 GB RAM. En el experimento se utilizaron imágenes de alta resolución tomadas por el Instituto de física de Helsinki, Finlandia y suministradas por el GSI de Alemania.

Para determinar los centros de los microagujeros se probaron tres métodos sobre una imagen con 1590 agujeros. El método de la imagen integral y el de convolución fueron más rápidos, con tiempos de 1925 ms y 2980 ms, respectivamente. Para la transformada de Hough se obtuvo un tiempo de 120000 ms [Tabla 1].

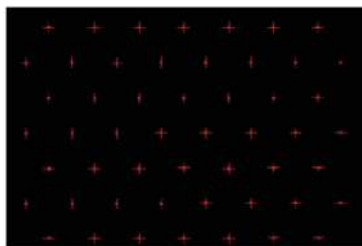


Figura 7. Centros calculados por la transformada de Hough



Figura 8. Centros calculados por Imagen Integral



Figura 9. Centros calculados por convolución.

De acuerdo al objetivo principal de este trabajo, que consiste en identificar los defectos en los microagujeros, se realizó una superposición de los centros encontrados sobre la imagen original [Figura. 10], y luego se aplicó el proceso de crecimiento de los contornos activos [Figura. 11]. Parte de los resultados de este proceso se muestran en la Tabla 2.

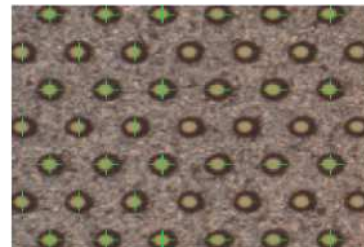


Figura 10. Centros en una imagen real: cruces verdes

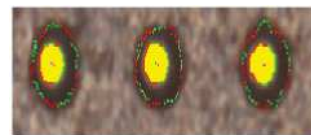


Figura 11. Contornos activos. Los contornos interno y externo se identifican en pixeles rojo y verde (sección de una imagen ampliada).

Tabla 1 Evaluación de desempeño para determinación de centros de los agujeros en las imágenes del GEM-foil

	A. Transf. de Hough	B. Imagen Integral	C. Convolución y Máximo local
Tiempo de proceso (ms)	120000	1925	2980
Preprocesamiento	Bajo	Alto	Medio
Falsos-Positivos	0%	0.06%	0%

Tabla 2. Resultados de algunas medidas utilizadas para determinar la calidad de los GEM-foil (centros calculados por el método de convolución y máximo local).

Parámetros	Valor	Unidad
Resolución de la imagen (.PNG)	3488 × 2616	Píxeles
Tamaño de archive	21,4	MBytes
Tiempo de proceso	1743	ms
Agujeros Buenos	1587	
Agujeros defectuosos	3	
Radio interno (promedio)	15,47	mm
Radio interno (desv. estándar)	0,61	mm
Excentricidad interna (promedio)	0,19	
Excent. interna (desv. estándar)	0,17	
Aplanamiento interno horizontal	49,3	%
Aplanamiento interno vertical	50,7	%
Pitch interno 1 (promedio)	134,35	mm
Pitch interno 1 (desv. estándar)	1,05	mm
Pitch interno 2 (promedio)	134,39	mm
Pitch interno 2 (desv. estándar)	1,25	mm

4. CONCLUSIONES

Otros estudios han establecido que los defectos y las variaciones en las características de los microagujeros afectan el desempeño de los detectores basados en

los GEM-foils (10), (11), (12). Sin embargo, aún no se han establecido rangos específicos de variación de la geometría del foil para determinar si su funcionamiento es aceptable o no. En este artículo se presenta una nueva técnica que permite obtener medidas de los agujeros de un foil a partir de las imágenes de dicha foil. Una vez establecidas las tolerancias geométricas aceptables para los agujeros los GEM-foils por parte de los fabricantes, las medidas obtenidas por este procedimiento permitirán determinar la calidad de las láminas.

Los resultados de los experimentos que se presenta en este trabajo, muestran la robustez, la precisión y la eficiencia del proceso, el cual integra aplica y desarrolla diferentes métodos para obtener resultados eficientes de alta calidad. Sin embargo, el método propuesto está en proceso de optimización.

Un reto importante a futuro es el uso de este método de caracterización por medio óptico para establecer la relación entre la calidad de los GEM-foil y el desempeño del detector, lo cual representa un avance importante en la ciencia y tecnología de los detectores.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. Sauli, GEM: A new concept for electron amplification in gas detectors, Nucl. Instrum. Meth. A 386, 531, 1997.
2. G. Bencivenni et al., Performance of a triple-GEM detector for high rate charged particle triggering, Nucl. Instr. and Meth. A, 494, 156, 2002
3. F. Sauli, Nucl. Instr. and Meth. A 386, pp. 53, 1997
4. M. Kallioikoski, "Study of GEM-foil defects with optical scanning system", Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), 2010 IEEE, pp. 1446-1449, October 2010.
5. J. Ruen, "A Circular Hough Transform Hardware for Industrial Circle Detection Applications", Industrial Electronics and Applications, 2006 1ST IEEE Conference on, pp. 1-6, May 2006.
6. T. Ephraim, "Real-Time Viola-Jones Face Detection in a Web Browser", Computer and Robot Vision, 2009. CRV '09. Canadian Conference on , May 2009.
7. J. Chatrath, "Real Time Human Face Detection Tracking", International Conference on Signal Processing and Integrated Networks, Feb 2014.
8. V.G Moshnyaga, "A new architecture for in-memory image convolution", Acoustics, Speech and Signal Processing,, IEEE International Conference. May 1998
9. D.M Kocak , "Tracking and mapping underwater bioluminescent displays using snakes", OCEANS '96. MTS/IEEE. Prospects for the 21st Century. Conference Proceedings, September 1996.
10. J. Benlloch , "Further developments and beam tests of the gas electron multiplier (GEM)," Nuclear Instruments and Methods A, vol. 419, pp. 410-417, 1998.
11. O. Bouianov, "Foil geometry effects on GEM characteristics," Nuclear Instruments and Methods A, vol. 458, pp. 698-701, 2001.
12. S. Bachmann, "Charge amplification and transfer processes in the gas electron multiplier," Nuclear Instruments and Methods A, vol. 438, pp. 376-408, 1999.

ANÁLISIS ESPECTRAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE HUELLAS ACÚSTICAS

SPECTRAL ANALYSIS FOR RECOGNITION OF ACOUSTIC FINGERPRINT



Eduardo E. Zurek¹, Margarita R. Gamarra A², José R. Escorcía G.²,
Carlos Gutierrez³, Henry Bayona³, Roxana Pérez³, Xavier García³

¹. Dpto. de Ing. Sistemas Universidad del Norte Barranquilla, Colombia

². Dpto. de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones Universidad Autónoma del Caribe Grupo de investigación IET-UAC Barranquilla, Colombia

³. Escuela Naval de Suboficiales, ARC, Barranquilla. Grupo de investigación GITIN Barranquilla, Colombia

Recibido: 10 Febrero de 2015

Aceptado: 6 Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Eduardo E. Zurek. E-mail: ezurek@uninorte.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados del proceso de reconocimiento de huellas digitales acústicas utilizando características espectrales de la señal. El Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) se aplica para reducir la dimensión de las características extraídas y luego se implementa un clasificador basado en el método de los k-vecinos más cercanos (KNN) para identificar el patrón de la señal de audio. Este clasificador se compara con una Red Neuronal Artificial (ANN, por sus siglas en inglés). Es necesario implementar un sistema de filtrado para las señales adquiridas para reducir el ruido de 60 Hz generadas por las imperfecciones en el sistema de adquisición. Los métodos descritos en este trabajo se utilizaron para el reconocimiento de embarcaciones marinas.

Palabras claves: Huella acústicas; PCA; espectrograma; FFT; KNN; ANN.

ABSTRACT

This article presents the results of the recognition process of acoustic fingerprints using the spectral characteristics of the signal. The Principal Component Analysis (PCA, for its acronym in English) is applied to reduce the size of the extracted features and then, based on the method of k-nearest neighbor (KNN), a classifier is implemented to identify the pattern of the audio signal. This classifier is compared with the Artificial Neural Network (ANN, for its acronym in English). It is necessary to implement a filtering system for the acquired signals in order to reduce the noise of 60 Hz generated by imperfections in the acquisition system. The methods described in this paper were used for recognition of marine vessels.

Keywords: Acoustic fingerprints; PCA; spectrogram; FFT; KNN; ANN.

I. INTRODUCCIÓN

La detección y el reconocimiento de los diferentes tipos de embarcaciones es una de las principales tareas realizadas por las unidades de submarinos. Por lo tanto la capacidad de reconocer qué tipo de embarcación se encuentra en la proximidad es importante con el fin de tomar medidas necesarias. Este reconocimiento puede ayudar a detectar, por ejemplo, barcos ilegales. En estas condiciones, es evidente que una detección incorrecta podría comprometer la integridad del submarino y los miembros de la tripulación, incluso el personal de apoyo solicitados para una acción específica, debido a la desinformación (1). Del mismo modo, la formación del personal responsable del reconocimiento acústico se lleva a cabo en el campo y el aprendiz tiene que esperar una operación real para poner en práctica sus conocimientos y no siempre es posible identificar todo tipo de embarcaciones.

El sonido producido por una embarcación es causada principalmente por la maquinaria de su impulsor y la cavitación causada por la hélice. Estos sonidos son únicos para cada tipo de embarcación y, por tanto, dicha información puede ser utilizada para fines de identificación y seguimiento. Esta señal se considera como un proceso estacionario dadas sus características de variación y su período (2–4), en consecuencia, las técnicas de análisis espectral de señales han demostrado ser útiles para diferenciar y clasificar los barcos.

Actualmente la clasificación de los buques se lleva a cabo por un operador, quien debe analizar las diversas señales que los sistemas de adquisición proporcionan para la detección y la identificación de embarcaciones. Por lo tanto, la probabilidad de que el operador identifique correctamente un barco puede verse afectada por el estrés o condiciones subjetivas. Por lo tanto, se hace necesario la implementación de un sistema de identificación automática que ayude al operador, para garantizar la seguridad y la coordinación táctica. El método propuesto para el reconocimiento de huellas acústicas de los barcos utiliza la Transformada Rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés) para extraer las características de las señales, Análisis de Componentes Principales (PCA) para reducir el número de características y un clasificador de los k-vecinos más cercanos (KNN) comparado con un clasificador basado en Redes Neuronales Artificiales (ANN).

2. ESTADO DEL ARTE

Inicialmente las técnicas aplicadas para la detección automática de los barcos se han basado en la extracción de características en el dominio de la frecuencia. Algunos autores implementan FFT, como en (5) para extraer características. Usando un hidrófono omnidireccional se extrae la densidad espectral de potencia, para un objeto en movimiento. Con esta información se entrena una red neuronal feed-forward.

Del mismo modo, en (6) se implementa FFT para reconocer la huella digital acústica. Esta información se compara con una base de datos de sonidos, que se han generado con el propósito de comparación e identificación.

De igual forma en (7) la información de un sonar es pre-procesado para extraer el espectro. Con el fin de reconocer el tipo de embarcación, se utiliza PCA. Esta información es la entrada a una red neural.

Sin embargo el análisis espectral no ha sido el único utilizado para reconocimiento de sonido, también se utilizan los modelos autorregresivos. En el caso de (8) la información espectral se utiliza para diseñar un modelo autorregresivo o ARMA.

En (9) se desarrolla un método de tratamiento de la señal para extraer automáticamente la estructura armónica del ruido radiado por pequeñas embarcaciones. Una herramienta para la extracción y análisis de armónicos (HEAT, por sus siglas en inglés) estima la frecuencia fundamental instantánea de los tonos armónicos, refina la estimación de la frecuencia fundamental usando un filtro de Kalman, y automáticamente extrae las amplitudes de los armónicos para generar una firma acústica para el barco.

En (10) no se utiliza la información espectral de la señal, en lugar de esto se construye un modelo autorregresivo o AR, del cual se extraen los polos periódicamente para diferenciar la fuente que emite la señal. Por último, usando clasificadores estadísticos se reconocen las diferentes señales.

Es de esperarse que si las investigaciones con transformada de Fourier arrojaron buenos resultados, la transformada wavelet (8,11) podría mejorar los resultados obtenidos. En (11) se usan dos algoritmos de pre-procesamiento: el primero hace separación de ventanas en dos pasos o TPSW por sus siglas en inglés, extrayendo posteriormente la información de la

densidad espectral de potencia promedio de los datos de entrada y el segundo utiliza la transformada wavelet de los mismos datos. Para la etapa de clasificación se usan 4 distintos clasificadores de forma que se realice un análisis comparativo entre ellos: PNN, MLP AKC y LVQ.

Así también a lo largo de las investigaciones anteriores se observa como las redes neuronales tienen un espacio particular e importante en la etapa de clasificación. En particular en (12) se usó una red neuronal de Kohonen con datos espectrales suavizados y las diferencias entre componentes de orden k como entradas a ella.

Algunos avances sobre la tecnología de sonares se ha llevado a cabo en los últimos años. Uno de estos desarrollos corresponde a SOBEK, una familia de tecnologías de sonares pasivos para la vigilancia, de-

sarrollado en (13). Las ventajas de sonar pasivo son múltiples: es de bajo costo, que permite la operación encubierta, no es dañino para la vida bajo el agua, y la reverberación, lo que puede plantear desafíos significativos para los sonares activos en aguas confinadas. Por otra parte, las firmas acústicas pasivas proporcionan una gran cantidad de información para la clasificación de destino.

Los avances tecnológicos y científicos siguen en desarrollo y dado el alto valor que tienen las huellas acústicas de las embarcaciones las publicaciones son limitadas respecto a este tipo de aplicaciones.

3. ENFOQUE PROPUESTO

Con la finalidad de identificar tres tipos de embarcaciones mediante su huella acústica se ha propuesto el esquema de reconocimiento planteado en la Figura. 1.



Figura 1. Esquema del enfoque propuesto para el reconocimiento de huellas acústicas.

Inicialmente se crea una base de datos con el espacio reducido de características. Las embarcaciones que ser identificados son: mercantes, buques y lanchas. El espectro de estas señales se presenta en la Figura. 2. La frecuencia de muestreo es de 22 kHz y se tomaron 500 muestras de audio para cada tipo de embarcación. Cada una de las muestras de audio se filtra y sus características se extraen mediante FFT; luego se seleccionan los componentes principales aplicando PCA. En el proceso de clasificación, se utiliza un clasificador KNN: la muestra para clasificar se compara con la base de datos de sonido y se asocia con una clase vecina más cercana. El desempeño de este clasificador se compara con el de una red neuronal tipo Feed-forward. A continuación, se presentan cada una de las etapas y técnicas utilizadas.

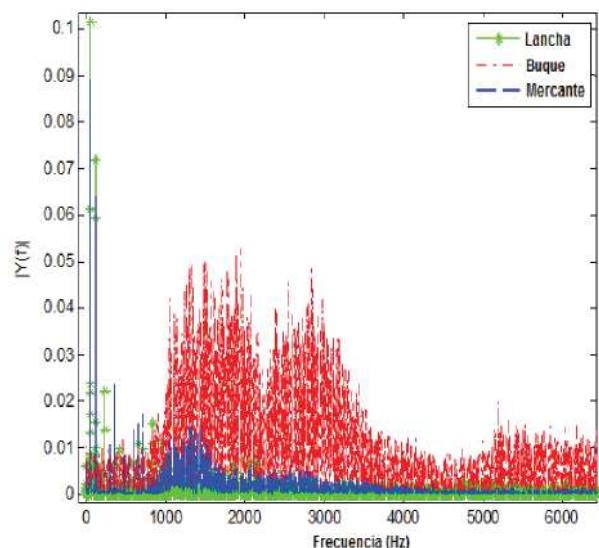


Figura 2. Espectro de las señales acústicas de las tres embarcaciones a identificar

A. Filtrado

Debido a los equipos de adquisición, las señales acústicas presentan ruido en la frecuencia de 60Hz y sus armónicos, como se puede ver en la Figura. 3. Las frecuencias características de cada embarcación se encuentran en valores superiores a los 1000Hz, por esta razón es necesario aplicar un filtrado tipo pasa-bajas con la finalidad de eliminar el ruido de baja frecuencia. Esta etapa inicial resulta adecuada, pues en las etapas posteriores se trabajará solamente con las frecuencias representativas de cada señal, lo que facilita el proceso de reconocimiento.

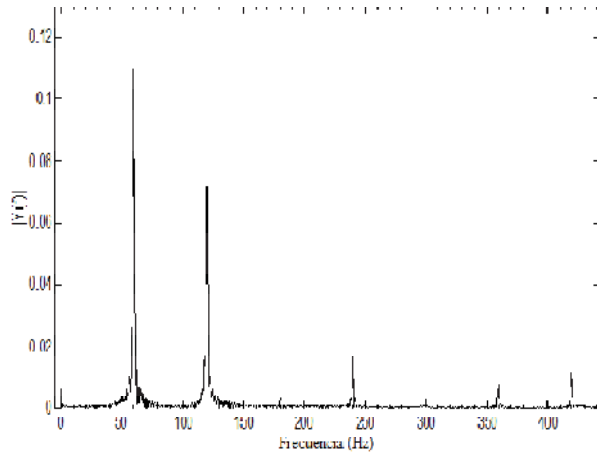


Figura 3. Espectro de la señal acústica de una lancha, mostrando solamente frecuencias bajas.

En (14) se presenta una comparación entre filtros IIR y FIR. Esta información se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. COMPARACIÓN ENTRE FILTROS IIR Y FIR

ITEM	Filtros IIR	Filtros FIR
Fase	Difícil de controlar.	Siempre es posible una fase lineal.
Estabilidad	Puede ser inestable.	Siempre es estable.
Orden del filtro	Menor.	Mayor
Diseño análogo	Derivado de filtros análogos.	-

Teniendo en cuenta las ventajas presentadas en la Tabla I, el filtro diseñado es de tipo FIR, utilizando una ventana tipo Hamming, pasa-altas, de orden 100 y una frecuencia de corte de 1kHz. El filtro diseñado se muestra en la Figura. 4.

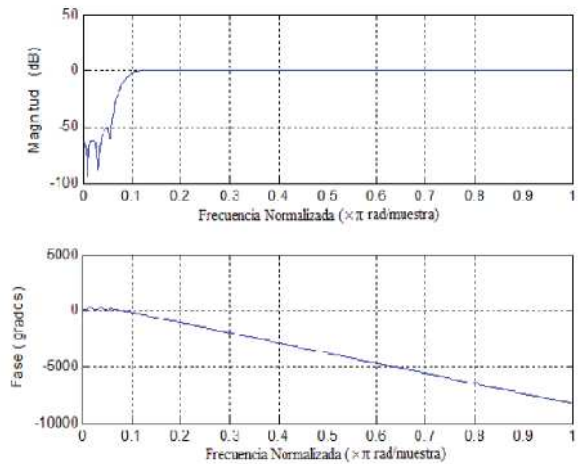


Figura 4. Filtro aplicado: magnitud y fase.

B. Extracción de Características

Con el objetivo de identificar la embarcación es necesario extraer características de la señal que permitan caracterizar y clasificar cada patrón de la embarcación. El audio original se reduce a 3000 muestras, que es una trama de datos representativa de la señal. Entonces se realiza una convolución con una ventana de Hamming para reducir los efectos indeseables de la ventana rectangular (15). Luego se aplica FFT a la señal resultante. La FFT produce valores reales y complejos: los valores reales representan la distribución de los componentes de frecuencia, mientras que los valores complejos llevan la información sobre la fase de los componentes (16).

Esta información es adecuada para representar la señal de audio adquirida. En esta etapa se extraen 512 coeficientes de Fourier. Sin embargo, es necesario utilizar un proceso de selección para definir las características más significativas que permiten discriminar las tres señales de entrada.

C. Selección de características

A fin de reducir la dimensionalidad del espacio de características producido a partir del algoritmo FFT aplicada a las señales de audio, se utiliza el Análisis de Componentes Principales (PCA). PCA es una técnica de análisis de datos que se puede utilizar con el fin de extraer las características "más importantes" de un gran conjunto de datos (17,18). En este caso se desarrolla un experimento donde el número de características utilizadas en la clasificación se varía de 256 a 64 componentes principales con el objetivo de seleccionar el tamaño adecuado.

Hay diversos algoritmos para el cálculo de los principales componentes de un conjunto de datos, sin embargo el utilizado en este caso se basa en la descomposición de valor propio (19).

D. Clasificación

Después de la selección de las características principales de las señales, este vector de características se aplicó a las señales de entrenamiento y prueba del clasificador KNN. La entrada para este clasificador consistió en valores señales de entrenamiento, correspondiente a la clase a la que pertenecen (20).

Se calculó el error de clasificación como el porcentaje de las clases clasificadas incorrectamente. Del mismo modo, se obtuvieron indicadores de rendimiento. Se tomó en cuenta un balance entre el tiempo de ejecución y la tasa de aciertos para seleccionar los parámetros adecuados del filtro y número de coeficientes extraídos con la FFT. Se realizó una comparación entre KNN y ANN, en términos de la tasa de aciertos.

4. RESULTADOS

Los experimentos con el sistema de reconocimiento se realizaron en Matlab® 7.11. Con la finalidad de entrenar el clasificador KNN, se utilizaron 1500 muestras, 500 de cada embarcación. Para la validación se utilizaron 1500 muestras diferentes. Las muestras de entrenamiento y validación se tomaron de algunos tramos de la señal de audio adquirida. Se utilizaron los 5 vecinos más cercanos para asociar la muestra a una clase. Este valor se determinó de manera experimental.

De igual forma, se entrenó un clasificador basado en ANN. El tipo de red utilizada fue Feed Forward Backpropagation, con una capa oculta tipo sigmoide con 20 neuronas. Esta arquitectura de red es una de las más utilizadas en reconocimiento de patrones (21) y su caracterización se determinó experimentalmente. Para la validación, se utilizaron las mismas muestras que en clasificador KNN.

La Tabla 2 presenta una relación entre el número de coeficientes de Fourier extraídos, *nfft*, la tasa de aciertos y el tiempo de ejecución del algoritmo de ex-

tracción. Inicialmente se extrajeron 512 coeficientes, pero usando PCA se reduce la dimensión a 256, 128 o 64. El tiempo de ejecución se calcula para el procesamiento de 1500 muestras y utilizando solamente el clasificador KNN.

TABLA 2. TASA DE ACIERTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN PARA DIFERENTES COEFICIENTES

<i>nfft</i>	Tasa de aciertos (ANN)	Tasa de aciertos (KNN)	Tiempo de ejecución (s)
512	95.9%	86.73%	14.031
256	96.0%	85.60%	5.862
128	91.6%	84.33%	3.373
64	90.7%	80.27%	1.949

Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran que el clasificador con redes neuronales tiene una mayor tasa de aciertos que el clasificador KNN. Si se utilizan 256 coeficientes se presenta un desempeño similar que utilizando 512 coeficientes; este comportamiento se puede explicar debido a que algunas características (coeficientes) no son discriminantes y esto puede conducir a una clasificación incorrecta.

Métricas comúnmente utilizadas para medir la calidad de los métodos de clasificación son: la tasa de aciertos y la Matriz de Confusión, la cual contiene información relativa a esta tasa (22). Los siguientes indicadores de desempeño se calculan con base en la Matriz de Confusión:

a) Proporción de Verdaderos Positivos (Sensitividad): $PVP = VP / (VP + FN)$

b) Proporción de Verdaderos Negativos (Especificidad): $PVN = VN / (VN + FP)$

c) Valor Predictivo Positivo: $VPP = VP / (VP + FP)$.

d) Valor Predictivo Negativo: $VPN = VN / (VN + FN)$.

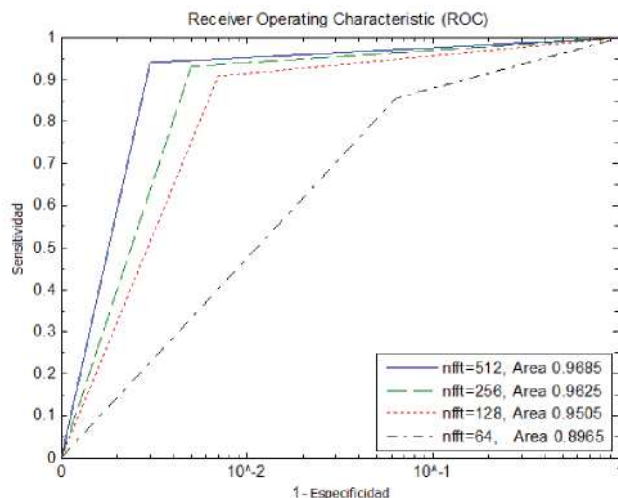
Después que se realizaron las pruebas, se elaboró una matriz de confusión para determinar los indicadores de desempeño para cada valor de *nfft*, como se muestra en la Tabla 3. Estos indicadores se pueden interpretar mejor utilizando una curva de desempeño.

TABLA 3. INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA DIFERENTES CASOS DE *NFFT*

Indicador	512	256	128	64
Sensitividad	0.9400	0.9300	0.9080	0.8560
Especificidad	0.9970	0.9950	0.9930	0.9370
VPP	0.9937	0.9894	0.9848	0.8717
VPN	0.9708	0.9660	0.9557	0.9286

La curva de desempeño ROC (Receiver Operating Characteristic) se define como un espacio de coordenadas usado para mostrar el desempeño del clasificador. Las curvas ROC muestran claramente la relación entre Sensitividad y Especificidad del clasificador; un incremento en la Sensitividad es acompañado por un decremento en la Especificidad (23).

Una curva más cerca de la esquina superior izquierda en el espacio ROC, representa un método de identificación más preciso, asociado a una mayor tasa de aciertos. Una curva cerca de la diagonal de 45° en el espacio ROC, representa un clasificador con menos éxito. En la Figura. 5 se grafica la curva ROC mostrando los resultados obtenidos en la evaluación del clasificador KNN.

**Figura 5.** Curva ROC para diferentes *nfft*

La gráfica en la Figura 5 muestra que el área bajo la curva para un *nfft*=512 y *nfft*=256 son muy similares. Teniendo en cuenta estos resultados y la tasa de aciertos presentada en la Tabla 2, un *nfft* igual a 256 ofrece un desempeño adecuado tanto para el clasificador KNN como para ANN, utilizando un tiempo de ejecución bajo. De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos, este valor de *nfft* es adecuado para clasificar una embarcación perteneciente a una de las tres clases evaluadas.

5. CONCLUSIONES

En la investigación desarrollada se utiliza una técnica de análisis espectral para el reconocimiento de embarcaciones utilizando su huella digital acústica. Se necesita un proceso previo de filtrado con el fin de reducir el ruido de 60 Hz en la señal de audio.

El número de puntos de muestreo (*nfft*) utilizados para calcular la FFT se varían para determinar el valor adecuado que aporte un mayor porcentaje de aciertos y menor tiempo de ejecución. A partir de pruebas realizadas este valor se fijó en *nfft* = 256, de acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 2 y en la Figura 5.

En la Tabla 2 se presenta una comparación entre los clasificadores KNN y ANN: el clasificador utilizando Redes Neuronales tuvo un mejor rendimiento que el clasificador de los k-vecinos, para un *nfft* dado.

Con el uso de un filtro pasa-altas FIR, 256 coeficientes extraídos aplicando FFT y un clasificador ANN es posible obtener un buen rendimiento en el proceso de reconocimiento de embarcaciones.

Resulta relevante implementar el proceso de reconocimiento propuesto en un sistema embebido, lo que reduciría el tiempo de reconocimiento y una identificación más precisa, comparada con un operador humano.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por Colciencias, mediante la convocatoria número 632, la Armada Nacional y el Ministerio de Defensa de Colombia, bajo el proyecto: “Desarrollo de un Sistema de Reconocimiento de Huellas Acústicas de Embarcaciones Marinas para la Flotilla de Submarinos de la Armada Nacional Utilizando Técnicas de Inteligencia Artificial”.

BIBLIOGRAFÍA

1. Catalfamo, Amelia. *Redes Neuronales Aplicadas a Señales Sonoras Obtenidas de un Sonar*. Buenos Aires, Argentina: ITBA; 2006.
2. Urick, R.J. *Principles of Underwater Sound*. New York: McGraw-Hill; 1983.
3. Regazonni, C; Tesei, A; Tacconi, G. *A Comparison Between Spectral and Bispectral Analysis for Ship Detection From Acoustical Time Series*. Adelaide; 1994.
4. Pflug, L A; Loup, G E; Jackson, P. *Variability in Higher Order Statistics of Measured Shallow-water Shipping Noise*. Banff; 1997.
5. Baran, R. H.; Coughlin, J. P. *A Neural Network for Target Classification Using Passive Sonar*. 1991.
6. Hernandez, A. *Implementación de un Algoritmo de Generación de Huella Digital Acústica para el Reconocimiento de Sonidos*. Universidad de la Sierra Juárez; 2013.
7. Soares-Filho, W.; Seixas, J. M.; Caloba, L. P. *Enlarging Neural Class Detection Capacity in Passive Sonar Systems*. Scottsdale; 2002.
8. Eom, K.; Wellman, M.; Srour, N.; Hillis, D.; Chellappa, R. *Acoustic Target Classification Using Multiscale Methods*. 1997.
9. Ogden, G.; Zurk, M.; Jones, M.; Peterson, M. *Extraction of Small Boat Harmonic Signatures from Passive Sonar*. *J Acoust Soc Am*. 2011;
10. Huang, J.; Zhao, J.; Xie, Y. *Source Classification Using Pole Method of AR Model*. *IEEE Int Conf Acoust Speech Signal Process*. 1997;1:567–70.
11. Chen, C.; Lee, J.; Lin, M. *Classification of Underwater Signal Using Wavelet Transforms and Neural Networks*. *Math comput Model*. 1998;27(2):47–60.
12. Meister, J. *A Neural Network Harmonic Family Classifier*. *J Acoust Soc Am*. 1993;93(3):1488–95.
13. Hunter, A.; Fillinger, L.; Zampolli, M.; Clarijs, M. *Recent Developments in SOBEK Passive Sonar Technology*. Alicante, Spain; 2012.
14. *Lecture 8. DT Filter Design: IIR Filters*. *Discrete-Time Signal Processing*. Massachusetts Institute of Technology; 2006.
15. Sanabria, A.C.; Predraza, C.; Vitola, J. *Quick Algorithm for Searching Audio by Content on GPUs*. *Inteknia*. 2011;6(1):35–43.
16. Mitrovic, Dalibor; Zeppelzauer, Matthias; Breiteneder, Christian. *Features for Content-Based Audio Retrieval*. *Adv Comput*. 2010;78:71–150.
17. Burka, Zak. *Perceptual Audio Classification Using Principal Component Analysis*. Rochester: Golisano College of Computing and Information Sciences; 2010.
18. Bishop, Christopher. *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York, USA: Springer; 2006.
19. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Prentice Hall; 2004.
20. Gamarra, Margarita Rosa; Quintero, Christian. *Using genetic algorithm feature selection in neural classification systems for image pattern recognition*. *Ing E Investig*. 2013;33(1):52–8.
21. Ripley, B.D. *Pattern Recognition and Neural Networks*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press; 1996.
22. Molinero, L. *Métodos Estadísticos De Clasificación*. *Asoc Soc Esp Hipertens*. 2002;
23. Prati, R.C; Batista, G; Monard, M.C. *Evaluating Classifier Using ROC Curves*. *IEEE Latin America Transactions*. 2008;6(2):215–22.

EVALUATION OF THE SEISMIC TOMOGRAPHY TOOL FMTOMO FOR HIGH PERFORMANCE COMPUTING APPLICATIONS

EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA FMTOMO DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA PARA APLICACIONES COMPUTACIONALES DE ALTO RENDIMIENTO



Juan S. López G.¹, Sergio A. Abreo C.¹, Oscar M. Reyes T.¹

¹. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander

Recibido: 10 Febrero de 2015

Aceptado: 20 Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Juan S. López G. E-mail: sebas.lopez@icloud.com

ABSTRACT

Colombia has always been a well-known country in terms of natural resources. In particular, mineral resources have become more and more relevant, because of the interest in oil exploitation. However, the easy-access zones are running out of oil, and the efforts are shifting and focusing towards the exploration of hard-access zones. In order to explore these hard-access zones looking for hydrocarbons, economical and reliable alternative techniques are required.

Seismic tomography is one of them, which allows obtaining sub surface velocity models from seismic acquisitions performed on the Earth's surface.

There are several tools developed for performing seismic tomography. One of them is FMTOMO, which is a tool that solves seismic tomography as an inverse problem, dealing with it as an optimization problem proposed from a linear approximation of the Eikonal equation.

The main focus of this work is to evaluate the results obtained using FMTOMO and computing performance. At the end, it is presented a summary of its strengths and weaknesses.

Palabras claves: Seismic tomography, tomographic inversion, parallel processing.

RESUMEN

Colombia siempre ha sido conocida por sus recursos naturales. En particular, los recursos minerales se han hecho más y más relevantes debido al interés en la explotación petrolera. Sin embargo, las zonas de fácil acceso se están quedando sin petróleo, y los esfuerzos están cambiando y enfocándose hacia la exploración de zonas de difícil acceso.

Para explorar estas zonas de difícil acceso en la búsqueda de hidrocarburos, se requieren técnicas alternativas confiables y económicas.

Una de éstas es la tomografía sísmica, que permite obtener modelos de velocidad bajo la superficie a partir de las adquisiciones sísmicas realizadas sobre la superficie de la Tierra.

Varias herramientas se han desarrollado para realizar tomografía sísmica; uno de las cuales es FMTOMO, la cual es una herramienta que resuelve tomografía sísmica como un problema inverso, tomándolo como un problema de optimización a partir de una aproximación lineal de la ecuación de la eikonal. El enfoque principal de este trabajo fue el de evaluar los resultados obtenidos mediante el uso de FMTOMO y el desempeño computacional. Al final, se presenta un resumen de sus fortalezas y debilidades.

Keywords: tomografía sísmica, inversión tomográfica, procesamiento en paralelo

1. INTRODUCTION

In Colombia, a well-known country for its natural resources, exists a high interest of exploiting fossil fuels given the wide variety of terrains in its lithosphere. However, it is very expensive to explore some difficult-access zones such as off-shore zones (1).

Seismic tomography arises as an alternative to obtain an approximate model of the Earth's surface at a relative low cost. This technique uses seismic sources to propagate energy through a media while locating seismic receivers (e.g. geophones) to sense disturbances reflected from the Earth's subsurface and using the recorded data to estimate a possible velocity model that could reproduce the observed data by propagating energy through it (2).

The geophysicist's community has developed several useful tools to perform seismic tomography (3). One of these tools is FMTOMO, developed by Nicholas Rawlinson at the Research School of Earth Sciences at ANU (Australian National University) (4).

FMTOMO (5) is an open-source software distribution that deals with the forward problem of travel time prediction using a multi-stage Fast Marching Method (FMM) that solves frontier problems of the Eikonal equation and the inverse problem, which consists in

adjusting model parameters to satisfy observed data given any imposed regularization.

There are three main applications for FMTOMO: seismic imaging, resolution tests and tomographic inversion as can be seen from (6), (7) and (8).

In this paper, we perform an evaluation of FMTOMO and a general analysis of seismic tomography.

We discuss how to improve computational performance using this tool, including an analysis of parallel computing techniques.

2. Creating 3D Models Using FMTOMO

FMTOMO allows the user to construct a model composed by three elements: interfaces at different depths, velocity layers between interfaces and a computational grid for rays to propagate through.

Despite having a handy tool to create those models, there are several limitations related to the model's interfaces. Those limitations are:

- All interfaces must completely span the horizontal dimensions of the model region.
- Interfaces cannot be multi-valued in depth.

- Node distribution for all interfaces must be uniform.

In addition to the subsurface model, there are two arrays that represent seismic sources and receivers. The subsurface model and the arrays of sources and receivers allow simulating an acquisition.

3. Forward Problem

After creating a model, the next step is to set up the acquisition to obtain observed travel times from rays propagating through the model. FMTOMO includes a multi-stage fast-marching method for travel time prediction (9).

FMTOMO performs the ray tracing by executing *fm3d*, which takes a defined subset of the model created and the source-receiver arrays in order to generate rays' travel times and Fréchet derivatives. After adding Gaussian noise to those travel times, the forward process is complete.

Even though the process above is done using synthetic data only, the travel times obtained in this phase are considered as the reference prior to new travel times obtained by solving the inverse problem. Hence the name observed travel times.

4. Inverse Problem

The following steps illustrate the stages in which the inverse problem is solved using FMTOMO:

1. To construct an initial model $M0$.
2. To propagate rays through the initial model to obtain model's travel times.
3. To adjust the model parameter values ($M1$).
4. To calculate time residuals.
5. To repeat steps 1. through 4. n times.

As each iteration changes the model, its travel times will also differ. Using the difference between the initial model's travel times and the observed travel times, the model's parameter values are adjusted. That adjustment is done by solving an inverse problem.

According to Aki's approach (10), seismic tomography can be presented as a parameter estimation problem.

Using the least squares minimization (11) to find the

best fit model, a least squares solution can be obtained by minimizing the prediction error of the solution.

Seismic tomography consists in solving consecutively and iteratively both the forward and the inverse problem.

Despite the number of unknowns of the inverse problem, most of the time is consumed by computing the solution of the forward problem.

There is a high interest among users to reduce the computing time in the propagation process as in (7) and (8) the conducted tests would benefit from this reduced time of computation.

There are two ways to reduce this computing time: one is to improve the hardware itself, the other is to use more efficiently the available resources. Taking advantage of the multi-cored philosophy of computers, one could find ways not to use all cores to do the same process, but to use them in parallel to run several processes simultaneously.

5. Parallel Mode

As stated at the end of the previous section, parallel computing can help improving the execution performance by taking advantage of all cores in a computer resembling nodes in a cluster.

Activating the parallel mode in FMTOMO is quite simple; it requires executing *fm3d* on each node or core in which the forward problem is divided. This process can be reviewed from (9).

However, parallelism would be useless if one had to manually execute each process one after another. To avoid this, one can use the GNU tool *parallel* (12) to execute instructions in each core, or even in different machines.

6. Test Results

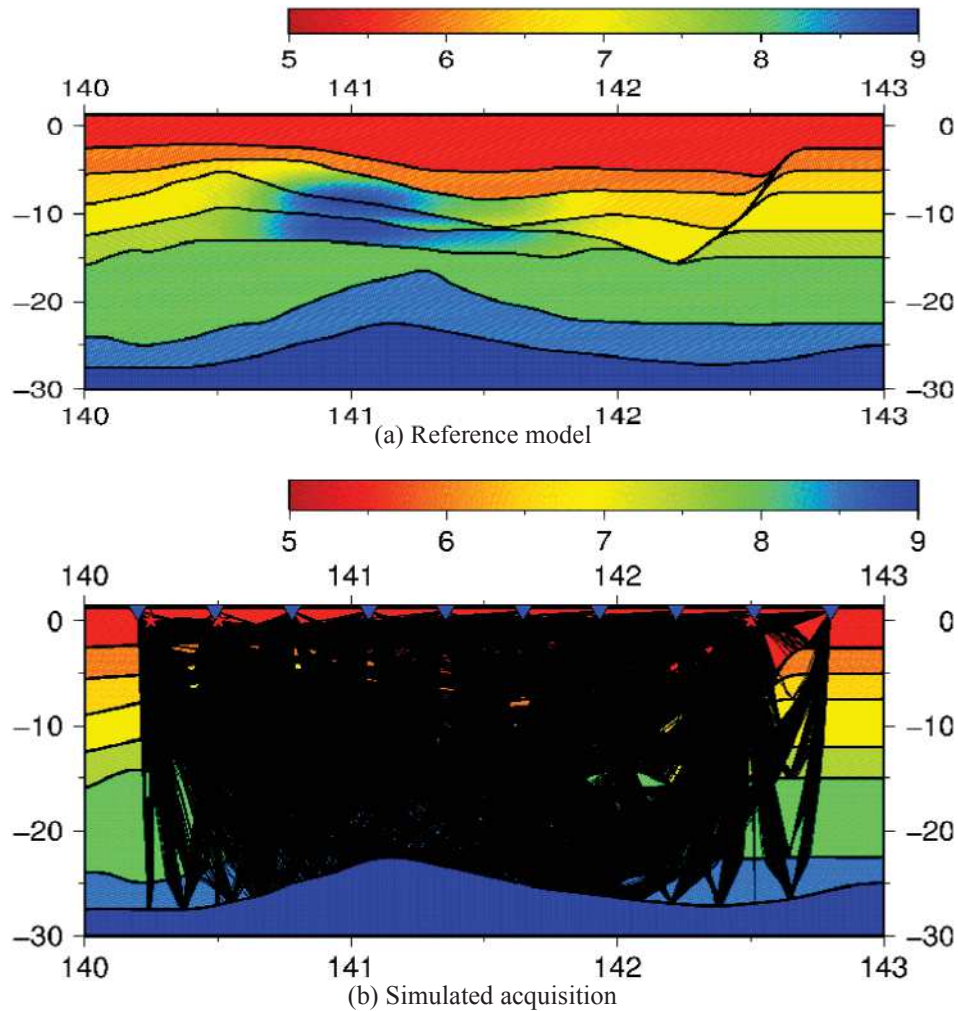
A. Choosing the model

To test the capabilities of seismic tomography using FMTOMO, the first step was to choose a model that has certain characteristics of interest such as synclines, anticlines, seismic faults and high velocity intrusions.

B. Constructing the model in FMTOMO

The reference model was built using *grid3dg*. To shape the finest details the files were edited by hand to add the characteristics described above.

Figure 1(a) shows the model used as reference for all subsequent tests.



C. Solving the Forward Problem

The simulated acquisition shown in Figure 1(b) illustrates the rays traced through the model.

One fact against FMTOMO is that since the model was edited by hand, some rays exhibited errors and were not traced.

D. Solving the Inverse Problem

Once the forward problem has been solved and travel times are obtained, what follows is to use that information to create an initial model and modify it iteratively as close as possible to the reference model. Several tests were done with different initial models because the starting point of minimization problems is of extreme importance.

The whole process of selecting initial models can be performed through global optimization techniques, as explained in (13).

The methodology used to select the initial model is quite empirical, but it helps on defining the strengths and weaknesses of FMTOMO.

The tests started with a single-layered model, then, the number of layers was increased to three to prove whether FMTOMO is able or not to forecast the real number of layers and add them to the model.

Unfortunately, because of the discrepancy between the number of layers of the reference model and the

initial model, it was not possible to obtain a solution by performing an inversion process.

Due to these results, the next test was to start using a model with the same number of layers as the original, all of them horizontally oriented.

Figure 2(a) shows a low-velocity model used as initial model and Figure 2(b) shows the solution model after six iteration steps. A high-velocity zone appears in Figure 2(b), resembling the intrusion in the reference model in Figure 1(a) located around coordinates (141,-10). Another interesting feature is how interfaces tend to pinch-out at coordinates (142.5,-15) being perhaps the effect of the seismic fault in the reference model.

In a final test, the interfaces of the initial model have inclinations depending on how they are oriented in the reference model. For velocities, the test was made from low to high velocities and one model with the exact same velocity distribution as the reference model. Figures 3(a) and 3(b) show the initial and obtained model using low velocities, respectively, while Figures 4(a) and 4(b) show a test using the same velocity distribution as the reference model.

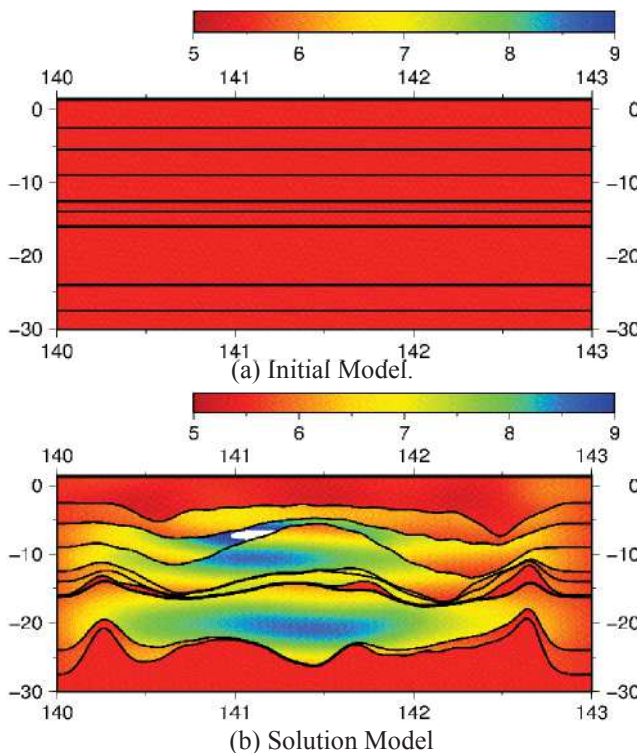


Figure 2. (a) shows a low-velocity with horizontally oriented interfaces model used as $M0$ and (b) shows the solution model obtained after six iteration steps.

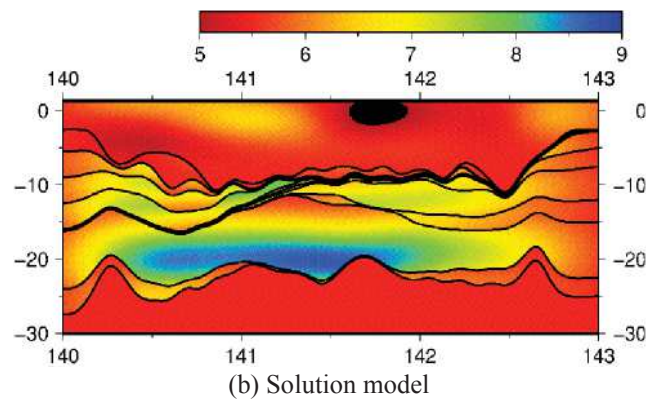


Figure 3. (a) shows a low-velocity with diagonally oriented interfaces model used as $M0$ and (b) shows the solution model obtained after six iteration steps.

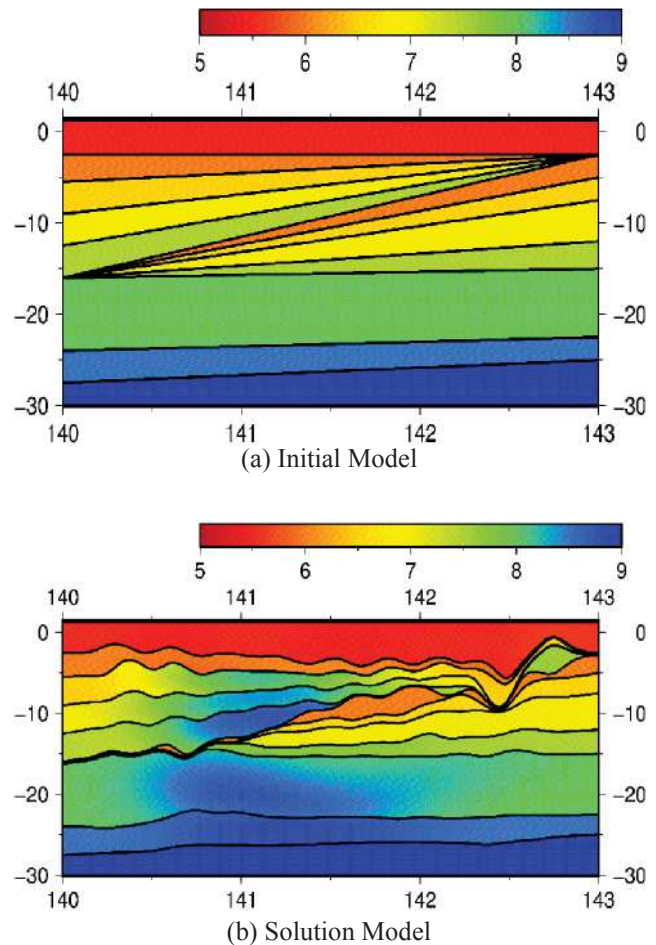


Figure 4. (a) shows the reference velocity model with diagonally oriented interfaces used as $M0$ and (b) shows the solution model obtained after six iteration steps.

In both tests above, it is remarkable how the seismic fault stands out and even the high-velocity intrusion appears in both models (more clearly in the latter than

the first).

D. Using GNU Parallel and FMTOMO's Parallel Mode

Table 1 summarizes the execution time of each FMTOMO's instructions in a set of three cases. All three cases used the same three-layered model, the difference however, laid in the receivers' array which was initially a 10x10 array, the second case used a 30x30 array and the final test used a 50x50 array. This procedure was done in order to gain complexity by increasing the number of rays propagating through the model and therefore, increasing the amount of data computed.

Table 1. Execution time of three scenarios

Instruction	10x10[s]	30x30[s]	50x50[s]
arraygen	0.077	0.030	0.021
grid3dg	0.424	0.252	0.427
moddata	0.085	0.083	0.076
frechgen	0.004	0.051	0.044
fm3d	90.673	250.311	840.196
synthdata	0.069	0.229	0.640
invert3d	2.814	3.700	25.818
residuals	0.067	0.038	0.113

In all cases, time required to execute the forward problem (*fm3d*) is by far higher than time consumed by any other FMTOMO's tool.

Fortunately, this instruction is highly parallelizable, so that, as stated before, the execution time can be reduced by parallelizing the forward problem or using a more powerful machine.

Table 2. Computers used to execute FMTOMO.

	Laptop Computer	Desktop Computer
CPU	Intel Core i5-2430M	Intel Xeon E5-2609
Number of Cores	2 (emulates 4)	4
CPU's Frequency	2.4 GHz	2.4 GHz
CPU's DMI	5 GT/s	6.4 GT/s
CPU's Cache	3 MB	10 MB
Memory		
RAM	4 GB DDR3	8 GB DDR3
RAM's Frequency	1333 MHz	1600 MH

We used two different machines (a laptop and a desktop) to execute FMTOMO (see comparison in Table 2). As both machines can perform tasks using four cores the exercise was to copy the folder in which the forward problem is solved to four new folders to execute *fm3d* in all folders. Then, the tool *parallel* is used to simultaneously execute the instructions.

Table 3 shows the time required to propagate rays through the reference model (Figure 1(a)) in each scenario (two different machines with and without parallelizing).

Table 3 Four scenarios of executing *fm3d*.

FM3D	Laptop Computer	Desktop Computer
Not	13m57s	9m19s
Parallel	8m12s	2m50s
Parallel		

7. Discussion

In all tests performed, the objective was to find a solution model similar to the reference model by trial and error using different initial models that grew in complexity with each trial. The results show that it is essential to know the number of interfaces. The issue turns critical when performing an in-situ acquisition because there is no way to know the so called "reference" model. An alternative could be to let loose constraints surrounding the interface inversion and redirect the efforts towards the velocity inversion. Losing (i.e. not gaining) information about interfaces is a major let down; on the other hand, information about the velocity model is still available and can be estimated with fewer issues than information about interfaces.

It cannot be said that a particular test came up with the closest model to the reference as every solution model has some useful information. That is perhaps the most important result of all, not the solution models viewed as single-answers, but to see them as pieces of a bigger answer. With each test some features appeared or hid in the model, that means that with every obtained model, new initial models M0 could be proposed in order to reinforce an specific characteristic.

Trying different initial models in order to look for features that most of the solution models have in common could be a valuable clue for geophysicists

to encourage or discourage fossil fuels exploration in certain zones.

It is proved how parallel computing reduces the computation time of a task. The results in Table III show that, as expected, improving the machine and performing the task in parallel, turned into the best-case scenario, while the worst case was to use the slowest machine and not parallelizing the task. It is worth noting that the GPU of the desktop computer was never used, but only its CPU, so that the overall performance in that computer can still be improved.

8. Conclusions

A. Seismic Tomography

The main purpose of seismic tomography is to obtain velocity models that best adjust to a set of travel times, being a complementary tool for seismic imaging processes. Proposing the seismic tomography as an inverse problem allows to find a possible solution by predicting a model that best fits a set of travel times, however, multiple solutions can be obtained and those possible solutions highly depend on the initial model from which the process starts. For that reason, selecting an appropriate initial model can be the difference between finding an acceptable solution to the inverse problem or not.

B. FMTOMO

1) Advantages:

- FMTOMO emulates the most important steps in a seismic tomography process: modeling, propagating rays and inverting the obtained data.
- One particular strength of FMTOMO is its capability to solve the inverse problem for velocity grids rather than for interfaces (as seen in Figure 4(b)).
- The parallel mode embedded within FMTOMO opens up a new point of view for seismic problems, which are now not only geophysicist's problems, but have turned to be multidisciplinary problems that can be addressed from different approaches: physical, mathematical and nowadays, computational.

2) Disadvantages:

- Even though FMTOMO provides a handy tool for creating Earth models, the most refined details have to be added by hand.

- FMTOMO deals poorly with structures such as salt domes, since the interfaces modeled in FMTOMO cannot fold over themselves.
- If the model from which the observations are made is created using FMTOMO, the initial model from which the tomographic process begins must have the same number of interfaces as the reference model.
- Interface inversions can be done using FMTOMO; however the results obtained so far have not been as conclusive as the results obtained by performing velocity inversions.

C. Parallel Computing

Table III shows four scenarios in which the boundary scenarios were known from the beginning, but it was uncertain which of the other two scenarios consume less time. The result turns out to be quite surprising, given that using parallel computing the time spent was lower than physically improving hardware (which can be the most expensive solution).

With results from this work, previous works using FMTOMO ((6), (7) and (8)) can be complemented from a computational point of view and further research can be aimed to improve the performance of FMTOMO (geophysics' approach) or to increase the level of parallelism and prove the scalability and use of parallel, for example by taking advantage of GPU's or by using a cluster. Future works can be emphasized on reducing the time required to solve the forward problem using the capabilities of graphic processing units programmed to compute in parallel using programming tools such as Cuda.

9. Acknowledgments

This work is supported by Colombian Oil Company ECOPETROL and COLCIENCIAS as a part of the research project grants No. 0266-2013. The authors gratefully acknowledge Industrial University of Santander.

Special thanks go to the author of FMTOMO, Nicholas Rawlinson, not only for developing such an useful tool for performing seismic tomography but also for taking the time to reply to our inquiries.

BIBLIOGRAPHY

1. Abreo S. Viability of implement the seismic tomography to determine the velocity models of new and / or complex zones over an Alternative Highperformance Computing (AHPC) platform. 2012..
2. Lehman B. Seismic traveltime tomography for engineering and exploration applications: EAGE Publications; 2007.
3. Observatories and Research Facilities for European Seismology. [Online]. [cited 2014 July [Review: July 2014]. Available from: http://www.orfeus-eu.org/software/seismo_softwarelibrary.html.
4. Rawlinson N. Australia National University. [Online]. [cited 2014 July. Available from: <http://rses.anu.edu.au/~nick>.
5. Rawlinson N. FMTOMO. [Online]. [cited 2014 July. Available from: <http://rses.anu.edu.au/~nick/fmtomo.html>.
6. Sager K, Fichtner A. Combining full waveform inversion and traveltime tomography. EGU General Assembly Conference. 2014 May.
7. Korger EIM, Schilndwein V. Seismicity and structure of the 85° E volcanic complex at the ultraslow spreading Gakkel Ridge from local earthquake tomography. *Geophysical Journal International*. 2013 October; 196(1).
8. Evanzia D, Pulliam J, Ainsworth R, Gurrola H. Seismic Vp & Vs tomography of Texas & Oklahoma with a focus on the Gulf Coast margin. *Earth and Planetary Science Letters*. 2014 September; 402.
9. Rawlinson N. Fast Marching Tomography Package: Instruction Manual: Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra ACT 0200; 2007.
10. Aki K, Lee WHK. Determination of three-dimensional velocity anomalies under a seismic array using first P arrival times from local earthquakes. *Journal of Geophysical Research*. 1976 August; 81(23).
11. Aster R. Parameter Estimation and Inverse Problems: Academic Press; 2005.
12. GNU-Project. GNU Parallel. [Online]. [cited 2014 July. Available from: <http://www.gnu.org/software/parallel/>.
13. Sen K, Stoffa PL. Global Optimization Methods in Geophysical Inversion: Elsevier Science; 1995.

FUNCTIONAL ELBOW AND WRIST REHABILITATION PROTOTYPE CONTROLLED BY COMPUTER

PROTOTIPO DE REHABILITACIÓN FUNCIONAL DE CODO Y MUÑECA CONTROLADO MEDIANTE COMPUTADOR



Milton Gonzalo Acosta Jarrín¹, Flavio Minos Pineda López¹, Patricia Gabriela Moya Cáceres¹,
Stephanie Carolina Vásquez Gabela¹

¹. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE; Sangolquí, Ecuador.

Recibido: 10 Febrero de 2015

Aceptado: 15 Febrero de 2016

* Correspondencia del autor: Milton Gonzalo Acosta Jarrín. E-mail: mgacosta@espe.edu.ec

ABSTRACT

On this project, we have considered the anthropometrics of the human arm, taking in consideration the movements and angles of the elbow and wrist by developing a prototype for the first and second phases of rehabilitation as the main goal the patient could achieve full joints mobility. The implementation of this prototype consists in four different adaptations, one for each movement, an interface electronic board of sensors, a control board, and a graphical interface of the user where the physiotherapist is able to set up a personalized rehabilitation cycle responding to the patient needs.

We have done field tests of the prototype with a patient with elbow and wrist fracture diagnosis. The results of these tests showed an improvement in the mobility of both joints through a small number of rehabilitation sessions. Thus, it is concluded that the prototype allows the patient the progressive reach of angles nearer to the angular limits of pronation-supination of the elbow and flexion-extension of the wrist, with a reduction of 50% of number of session using conventional methods.

Keywords: rehabilitation; wrist; elbow; servomotor; Arduino

RESUMEN

En este proyecto, hemos considerado la antropometría del brazo humano, teniendo en cuenta los movimientos y los ángulos del codo y la muñeca mediante el desarrollo de un prototipo para la primera y segunda fase de rehabilitación; como meta principal, el paciente podría lograr movilidad completa de las articulaciones. La implementación de este prototipo consiste de cuatro diferentes adaptaciones, una para cada movimiento, una interface de la tarjeta electrónica de sensores, un tablero de control y una interface gráfica del usuario donde el fisioterapeuta puede establecer un ciclo personalizado de rehabilitación en respuesta a las necesidades del paciente. Se realizaron pruebas de campo del prototipo con un paciente con diagnóstico de fractura de codo y muñeca. Los resultados de estas pruebas demostraron mejoría en la movilidad de ambas articulaciones mediante un pequeño número de sesiones de rehabilitación. Así, se concluye que el prototipo le permite al paciente el alcance progresivo de los ángulos más cercanos a los límites angulares de la pronación-supinación del codo y la flexión-extensión de la muñeca, con reducción de 50% del número de sesiones que utilizan métodos convencionales.

Palabras claves: rehabilitación; muñeca; codo; servomotor; Arduino

1. INTRODUCTION

The goal of rehabilitation is to achieve the maximum potential for function and normal activities. It consists of a procedure in which the patient improves the mobility progressively and increases the strength of the joint or muscle affected. Therapeutic robotics seems to accelerate the rehabilitation process due to its accuracy. Thus, we have considered the design of a prototype controlled by the computer for the rehabilitation of the wrist and elbow of an adult. The patient will exercise in a passive way to achieve the full range of motion of the joints of the elbow and wrist during the first and second phases of rehabilitation.

In order to maintain the safety of the patient, the physiotherapist is able to set up the information regarding the area to treat (elbow or wrist), movement to do (flexion-extension, pronation-supination of the elbow, flexion-extension, abduction-adduction of the wrist), the angle of each movement (0° - 130° , -90° - $+90^{\circ}$, -70° - $+70^{\circ}$, -30° - $+15^{\circ}$, respectively) and the speed (low-speed, normal-speed, high-speed) according to the patient's progress. The process controls the angle, sense of rotation and position through the communication between Matlab and Arduino.

2. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE ELBOW AND WRIST REHBAILITATION PROTOTYPE

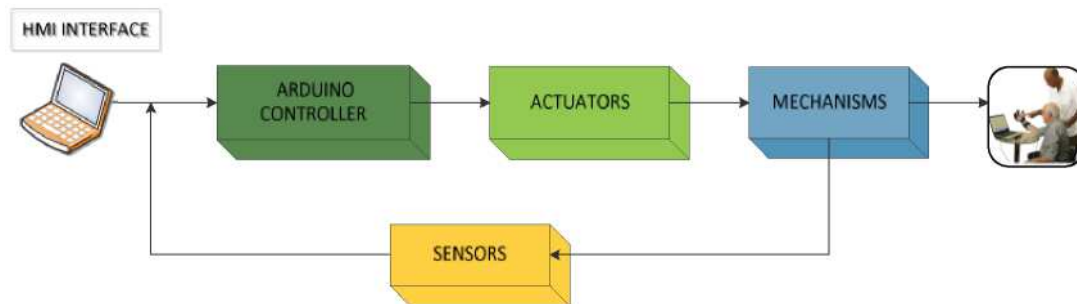
The movements, angles and dimensions of the upper extremity involved in the rehabilitation prototype are shown in the Table 1.

The architecture of the rehabilitation system is based on the diagram shown in the Figure. 1. The interface of the user allows data input which is transmitted to the Arduino controller. The controller sends the corresponding signal to the actuator and the mechanisms. During the whole process the sensors are controlling the variables in order to execute the rehabilitation properly.

The prototype is meant to be used by an adult who needs to rehabilitate either the left or right upper extremity. The design contemplates as the minimum dimensions of women and maximum dimensions of men in order to make this prototype adaptable to any kind of patient. The dimensions were shown previously in Table 1 in the corresponding column.

TABLE 1. ANTHROPOMORPHIC CONSIDERATIOS FOR THE DESIGN

<i>Movement</i>	<i>Angles</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Descriptions</i>
Flexion-Extension of the elbow	130° - 0°	21-27.4 cm 6.4-8.6 cm	Forearm length (between elbow and wrist axes) and distance from the wrist to crease to the handle center
Pronation-Supination of the elbow	-90° - +90°	21-27.4 cm 6.4-8.6 cm	
Flexion-Extension of the wrist	-70° - +70°	6.4-8.6 cm	Distance from the crease to the handle center.
Abduction-Adduction of the wrist	-30° - +15°	6.4-8.6 cm	

**Figura 1.** System's General Diagram.

A. Mechanical Design

To simplify the mechanical design, it was divided into four areas of design, as shown in Figure. 2.

The torque of every movement was calculated in order to select the actuator that will execute the movements. The result for flexion-extension of the elbow is 10.15Nm, pronation-supination of the elbow is 4.19Nm, flexion-extension of the wrist is 1.25Nm and for abduction-adduction is 1.37Nm.

All of these results consider the masses of the hand (0.73Kg) and hand and forearm (3.13Kg). For this reason, the Torxis i00600 servo which has a torque of 11.3Nm is the more appropriate for this project.

The Table 2 shows the mechanical design of the prototype pieces and a brief description of each one. In the section called Coupling Mechanisms of Table II, it is shown the four different adaptations for each movement. It is possible to use the adaptations for both arms, left and right arm without any problem.

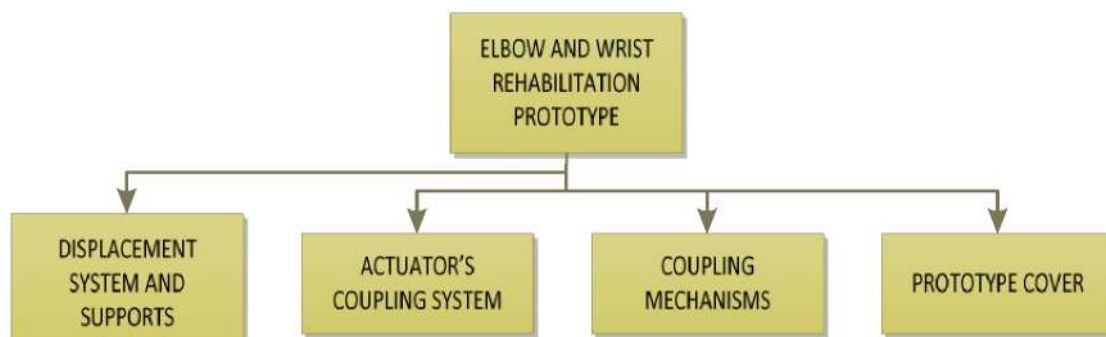
**Figure. 2.** Mechanical Design.

TABLE 2. MECHANICAL DESIGN OF THE PROTOTYPE PIECES

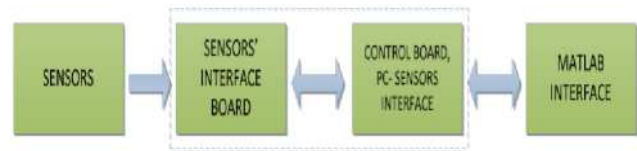
Displacement System and Supports	
	Main and Secondary channels, forearm and wrist supports.
Coupling System of the Actuators	
	Base, Metallic Disc and Torxis i00600 servo mounted
Coupling Mechanisms	
	Flexion-Extension of the elbow
	Pronation-Supination of the elbow
	Flexion-Extension of the wrist
	Abduction-Adduction of the wrist
Prototype Cover	
	Front cover
	Back cover

B. Electronic Design

The electronic design is composed of two main areas. A sensors' interface electronic board and a control board are in charge of all the actions executed by the actuator.

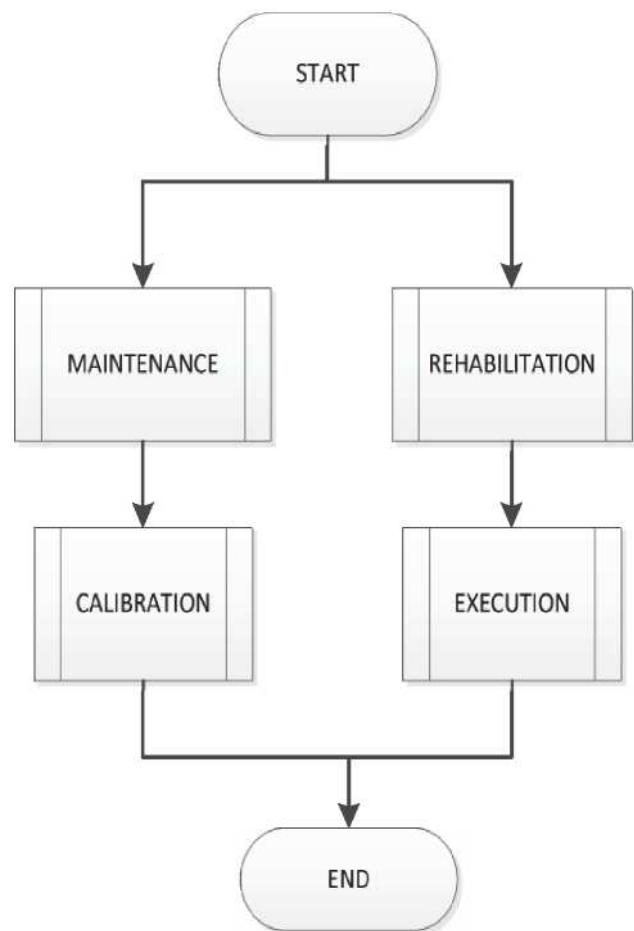
The circuits for the signal conditioning of the sensors of the angular position, sense of rotation and limit switches status are in the sensors' interface board. Meanwhile, the board control is an Arduino board which was selected by the number of Input/Output (I/O) pins needed for this project.

Because of the 14 I/O pins and the Pulse-Width Modulation (PWM) outputs necessary to control the Torxis servo, the Arduino UNO R3 board was selected to be used as the controller in this project.


Figure 3. Electronic Diagram.

C. Programming

The interface of the user programming allows the input rehabilitation data, movement selection, angular limits for each movement, motor calibration and status verification of the sensors. Consequently, the programming has been divided into two different processes which are the maintenance and the rehabilitation process, as shown in the Figure. 4.


Figure 4. Programming flow diagram.

The user chooses which process to execute between calibration of the servo and verification of the status of the sensors by selecting the corresponding option. See Figure. 5 that shows the maintenance interface.

To complete the rehabilitation process, the user should follow these steps:

1. Zone to rehabilitate (Elbow or Wrist).
2. Arm to rehabilitate (Left or Right).
3. Movement to execute (Flexion-Extension, Pronation-Supination, Flexion- Extension, Abduction-Adduction).
4. Duty cycle input (Minimum and maximum angles, number of sets and repetitions, speed).
5. Serial port.
6. Duty cycle verification.
7. Process execution.

The Figure. 6 shows the user's interface executing a rehabilitation process.

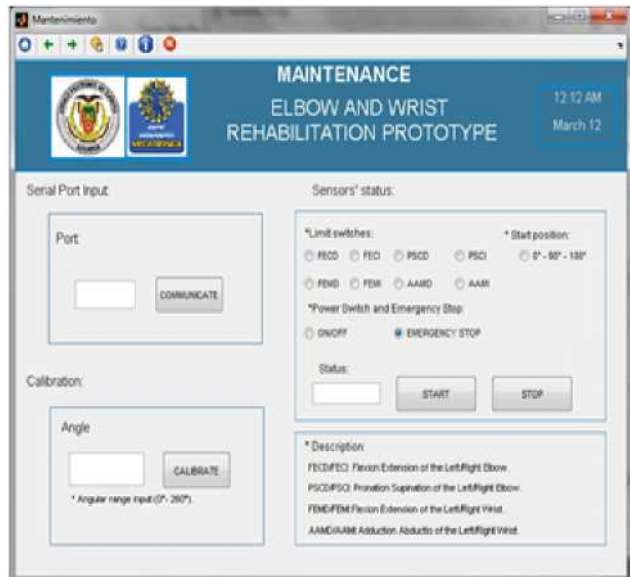


Figure. 5. Maintenance interface.

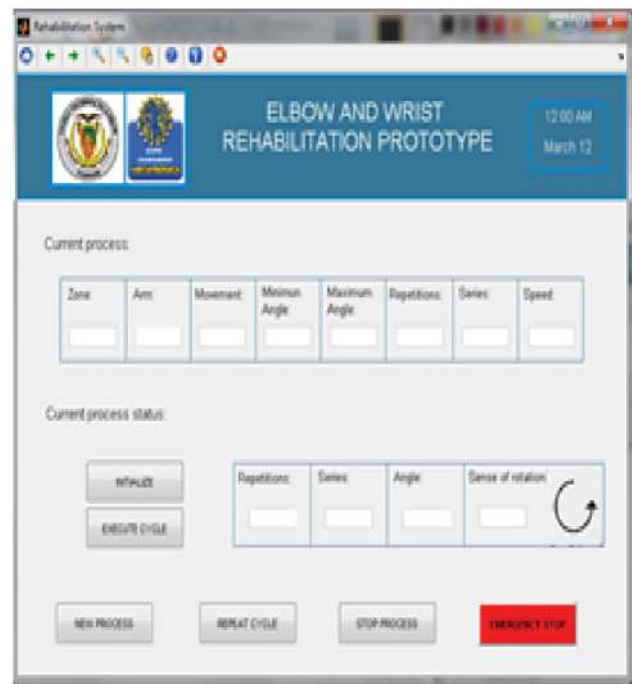


Figure 6. Rehabilitation process execution.

3. EVALUATION TO VALIDATE THE PROTOTYPE

Following a test protocol with different tests, the functioning of the prototype has obtained the results detailed in this section. The percentage of error was calculated using (1).

$$\frac{\text{experimental value} - \text{true value}}{\text{true value}} * 100\% = \text{error} \quad (1)$$

TABLE 3. ANGULAR SHIFT IN SERVO TESTS

Angular Shift in Servo Tests		
Angular Shift	N. of Tests	Error (%)
0°	11	0
1°	7	1.35
2°	8	1.65
3°	4	3.31

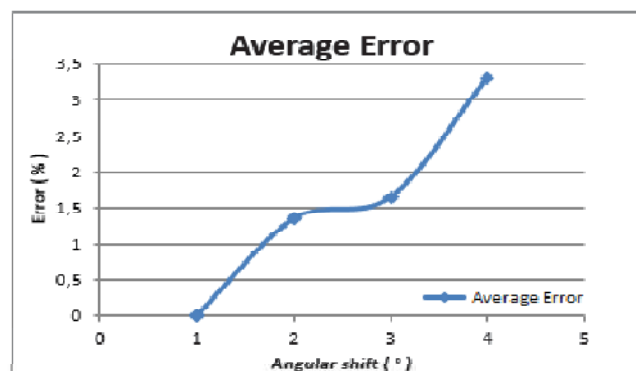


Figure 7. Tendency error vs angular shift.

The greatest angular shift tested in 30 servo mobility essays is 3° which represents an error of 3.3%.

Testing was done on a person who had prior elbow and wrist fractures. This test was repeated for several days in order to obtain the development of the patient using the prototype. As shown in the Table IV and Figure. 9, the patient increased the mobility of elbow and wrist.

From the testing done we can observe that the patient improved the mobility of the joints within the therapy sessions. Besides, the physiotherapists in charge of the patient noticed that using this prototype was beneficent for the patient who was only using conventional methods previously.

TABLE 4. PATIENT TESTS DURING REHABILITATION WITH THE PROTOTYPE

Day	Wrist		Elbow	
	Flexion	Extension	Pronation	Supination
1	-50°	45°	-70°	45°
2	-65°	65°	-90°	55°
3	-70°	70°	-90°	65°
4	-70°	70°	-90°	68°
5	-70°	70°	-90°	70°
6	-70°	70°	-90°	73°

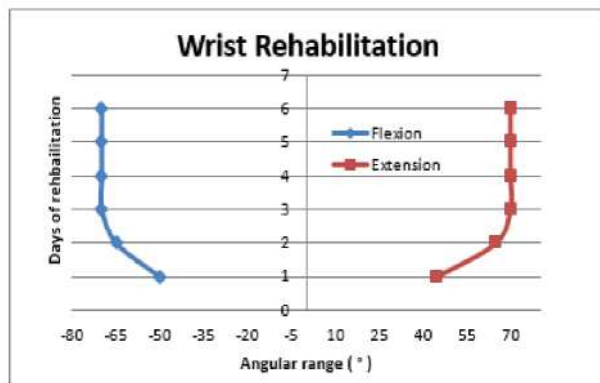


Figure 9. Patient's angular mobility per test.

4. CONCLUSIONS

The prototype achieved the proposed movements. In other words, it is able to execute flexion-extension, pronation-supination of the elbow and flexion-extension, adduction- abduction of the wrist regarding the angular anthropomorphic limits. These angular limits are considered for an adult patient to achieve full joint mobility in the first and second phases of rehabilitation.

The biomechanics of the upper extremity was the most important consideration when defining the angular limits of each movement because the whole design depends on these values to make this prototype comfortable and safe for the patient.

Electronic circuits were designed to avoid mistaken signals. For this reason, the sensors' interface board consists of conditioning circuits to determine the sense of rotation and to verify the limit switches' status. Subsequently, the signals obtained in this board are properly transmitted to the control board.

The application of Guide, graphical Matlab module, permitted the creation of a friendly and easy to understand graphical user's interface. In addition, through the programming made in this software it is possible to control the signals sent and received from the control board guaranteeing the correct input data, sense of rotation, angle, limit switches status and the current rehabilitation process visualization.

As this prototype has symmetry, it is possible to put the adaptations for the different movements for the right and left arm easily.

To verify the adaptability of the prototype, several tests were made on healthy males and females of various heights. According to the results of these tests, any adult person is able to use and feel comfortable because of the adjustability of the displacement system and the supports.

The fact that the percentage of error obtained was between $\pm 3^\circ$ in all of the tests, ensures safety to the patient, and demonstrates that this prototype is accurate and has a high repeatability which makes of it an attractive product for the therapy sessions of wrist and elbow rehabilitation.

From the testing done on a patient diagnosed with elbow and wrist fracture test, it may be concluded that the patient improved in the mobility of both joints using the rehabilitation prototype, within several days. Therefore, this project fulfilled the goal of progressively improving the mobility of the complete angular range of the corresponding movement. It is important to mention that due to the degree of pain and nature of lesion that the patient presented, she could only perform flexion-extension of the wrist and pronation-supination of the elbow.

BIBLIOGRAPHY

1. William, D. A robot for Wrist Rehabilitation. Springfield;2001.
2. Wruil, P. Guía de diseño en movimientos repetitivos [sede Web]. Venezuela[access May 10, 2013]. Publicaciones. Obtained from: <http://ergonomiavenezuela.org/guia-de-diseno-en-movimientos-repetitivos/>
3. Tilley, A. The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design, The Whitney Library of Design. New York; 1993.
4. Norton, R. Diseño de Maquinas. Prentice Hall; 1999
5. Arduino UNO[sede Web].(2013). [access May 15, 2013]. Products: Boards.Obtained from: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

EVALUATION AND COMPARISON USING ACTIVITY SIGNALS OF SPEECH METHODS IN RIVER PLATE SPANISH USING BEPPA CORPUS

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN MEDIANTE EL USO DE SEÑALES DE ACTIVIDAD DE LOS MÉTODOS DE HABLA EN EL ESPAÑOL DEL RIO DE LA PLATA CON EL USO DE BEPPA CORPUS



Hordelein Vrangell Robles¹, Valentín Molina², Luis Martínez², Hermann Davila²

¹. Dirección de Investigaciones, Grupo de Investigación - DEMA. Universidad del Sinú - Elías Bechara Zainúm. Montería, Colombia.

². Ingeniería Biomédica, Grupo de Investigación en Ingeniería Clínica, GINIC-HUS. Escuela Colombiana de Carreras Industriales, ECCI. Bogotá, Colombia.

Recibido: 10 de Febrero de 2015

Aceptado: 20 de Febrero de 2016

*Correspondencia del autor: Hordelein Vrangell Robles. E-mail: hordelein_robles@unisnu.edu.co

ABSTRACT

The results obtained after comparing several algorithms which use basic methods of signal processing for speech activity detection of voice or VAD (Voice Activity Detection-VAD), were assessed in order to determine their effectiveness. The algorithms presented in this article are short-time or spectral energy based endpoint detection algorithm, the zero crossing rate method, and the higher order differential (High Order Difference, HOD) method. First, an introduction of the concept of VAD is presented and the need to apply such language algorithms in River Plate is Spanish. Then a summary of the state of the art techniques and algorithms for detecting voice activity is shown with evidence and experiments used to implement algorithms with BEPPA corpus (Evaluation Battery for Patients with Auditive Prostheses, BEPPA – in Spanish).

Keywords: Voice activity detection, BEPPA, short time energy, Zero Cross Rate, High Order Difference.

RESUMEN

Los resultados obtenidos luego de comparar varios algoritmos que utilizan métodos básicos de procesamiento de señales para la detección de actividad de voz (VAD, por el término en inglés) se evaluaron para determinar su efectividad. Los algoritmos presentados en este artículo son de corta duración o algoritmos de detección de punto final a base de energía espectral, el método de la tasa de cero cruce y el método de diferenciales de orden mayor (HOD, por el término en inglés). Primero, se presenta una introducción del concepto VAD y de la necesidad de aplicar dichos algoritmos de lenguaje al español del Río de la Plata. Luego un resumen de las técnicas del estado del arte y algoritmos para detectar la actividad de voz se muestra con la evidencia y los experimentos utilizados para implementar algoritmos con Batería de Evaluación para Pacientes con Prótesis Auditiva (BEPPA) corpus.

Palabras claves: detección de actividad de voz, BEPPA, energía de corta duración, Tasa Cero Cruz, diferenciales de orden mayor.

INTRODUCTION

Currently, analysis, representation and modeling of speech signals is one of the most studied topics in biomedical engineering with applications ranging from automatic speech recognition to brain-computer interfaces (Brain Computer Interface - BCI). One of the key steps in these applications is the detection of activity (Voice Activity Detection VAD), which is necessary to reduce noise and/or classify the voice. To date each of the methods developed in current research in VAD has been evaluated using English databases with some exceptions in the Spanish and Chinese languages. Furthermore, the English language has phonetic and acoustic differences when compared to River Plate Spanish and therefore these algorithms may have increased rates of misclassification. Therefore, it is necessary to evaluate the effectiveness of these techniques when used for River Plate Spanish using the battery developed at the Faculty of Engineering of the National University of Entre Rios known as BEPPA (Evaluation Battery for Patients with Auditive Prostheses, BEPPA – in spanish). In communication, speech can be characterized as a discontinuous medium due to breaks, which are a unique feature compared to other multimedia signals such as video, audio and data. The regions where voice information is classified are active voice (voiced and unvoiced) and pauses which are called silent or inactive regions¹.

2. STATE OF THE ART

The algorithms developed to classify the voiced speech signals (voice), the unvoiced speech (unvoiced) signals and the silent (silence) regions are techniques known as voice activity detection (Voice Activity Detection VAD). The first time when VAD was first defined or talked about was in the early 1960's with the speech interpolation system (Time Assignment Speech Interpolation, TASI) (1,2). A first approach to the problem of detecting voice activity was the location of the endpoint, so, in (3) an algorithm is proposed to solve this problem using two characteristics of speech signals, the energy and zero-crossing rate. Other algorithms used are those of linear prediction coefficients (Linear Prediction Coding, LPC) (4) and of frequency of the signal using the least squares estimator (Least-Square Estimator Periodicity, LPSE) (5). Tucker in (6) proposes using an LPSE VAD to detect

speech. This technique only worked for a SNR above 0 dB, but showed better performance than the autocorrelation estimator SNR 5dB below. On the other hand in (7), the proposed VAD detects the intervals where the voice appears using the cepstral analysis. Then the researcher designed a VAD in global systems for mobile communications (Global System for Mobile Communications, GSM) cited in (8), which exhibits good performance under stationary noise environments. Soon after, a low complexity robust algorithm based on measuring the energy spectrum of the voice (9) was developed, which was adopted as part of Annex B to Recommendation G.729B of the International Telecommunication Union (International Telecommunication Union, ITU) and in 1996 for a standardized speech coding scheme (10). Moreover, in (11) a VAD algorithm based on wavelet transform (Wavelet Transform, WT) using its flexibility in temporal-frequency resolution to calculate the parameters of the VAD decision is proposed. A new technique capable of working under very low SNR (less than 10dB) is proposed in (12). One of its main advantages lies in the insensitivity to changes in noise levels. In (13) an algorithm is proposed that combines methods as geometrically adaptive energy thresholds (Threshold Energy Adaptive Geometrically, GAET), and the measuring of the periodicity LPSE and zero crossing rate of the signal is proposed. This method presents more robust information than previous VAD's, because it is working in conditions with SNR between 10dB to -10dB and under and is not sensitive to changes in noise levels. At present, algorithms are fused to achieve better performance and better classifications, such as described in (14), where the speech signal is decomposed into 4 sub-bands using the discrete wavelet transform (Discrete Wavelet Transform, DWT) and the Teager energy operator (Teager Energy Operation, TEO) is applied to each sub-band DWT coefficients. Results show that the algorithm is not affected by variations in noise levels, overcoming the method implemented with the transformed perceptual wavelet packet (Perceptual Wavelet Packet Transform PWPT) proposed in (15).

3. IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS

According to its own properties and production models, the voice signal can assume different characteristics to discriminate speech and silent periods. Some of the most widely used assumptions in most algorithm voice activity detections are listed below (16):

¹ 978-1-4799-7666-9/14/\$31.00 ©2014 IEEE

- The ambient noise is additive to the speech signal.
- The segment of the speech signal has a higher energy value than the ambient noise segment.
- Speech is stationary for short periods of time, for example $T < 40\text{ms}$.
- The voice is not stationary over longer periods, eg $T > 0; 5\text{s}$.
- Ambient noise is stationary for much longer periods, eg $T > 2\text{s}$.
- The voice has more regular noise components than noise.

Using these hypotheses, among others, voice activity detection algorithms were proposed and implemented to discriminate speech and silent periods in the time domain.

A. Short-time Energy

As mentioned above, one of the considerations of the speech signal is that it's considered stationary for short periods of time, ie less than 40ms, being stationary, it is assumed that the same acoustic characteristics are present in the sample window. Now, a segment of the speech signal is defined as the product of a shifted window and the sequence of values of the speech signal, which are (17):

$$F_{s,m}[n] = s[n]w[n-m] \quad (1)$$

Furthermore, short time energy (Short Time Energy, STE) can be defined as:

$$E_{s,w}(n) = \sum_{m=-3}^3 (s[m]w[n-m])^2 \quad (2)$$

To calculate the energy of real signals, adjust the formula to the intervals where the equation is no longer zero. The speech signal $s[n] = s_n \in \mathbb{R}$ (not all zero) for $n = 1, 2, \dots, N$ and is 0 for $n < 1 \wedge n > N$, we also have that $w[m] = w_m \in \mathbb{R}$ (not all zero) for $m = 1, 2, \dots, M$ and is 0 for all other m ; i.e. the energy of short time to real signals is:

$$E_{s,w}(n) = \sum_{m=n-M}^{n-1} (s[m]w[n-m])^2 \quad (3)$$

where M is the length of the w window (18).

B. Zero Cross Rate.

The zero crossing rate (ZCR, Zero Cross Rate) is one of the basic acoustic features that can easily calculate and implement the VAD's. ZCR is defined as the weighted average of the number of times the speech

signal sign changes within a segment of the speech signal (18). The representation of the operator in terms of a linear filter is:

$$Z_{s,w}(n) = \sum_{m=n-M+1}^{n-1} 0.5 |sgn\{s[m]\} - sgn\{s[m-1]\}| w[n-m] \quad (4)$$

where

$$sgn\{s[m]\} = \begin{cases} 1 & s[m] \geq 0 \\ -1 & s[m] < 0 \end{cases} \quad (5)$$

In general, the ZCR of clunks (not voiced speech) and ambient noise is greater than for voiced sounds (voiced speech). The ZCR is often used in combination with the STE for endpoint detection (18). In particular, the ZCR is used to detect the start and end positions of unvoiced sounds.

C. High order difference.

The hardest part in the VAD is to distinguish unvoiced sounds of silence (18). One way to achieve this is to use higher order differential (HOD, High Order Difference) voice as a characteristic in the time domain. This method was discussed in (19) and no literature used before or after the higher order differential is used to find the endpoint of the voice activity, since there are no scientific articles found regarding this topic. The idea of the author is applied to a differential signal segment previously multiplied by the window function of the speech signal and adding their absolute values, ie:

$$HOD_{s,w}(n) = \sum_{m=n-M+1}^{n-1} \frac{d; s[m]w[n-m];}{dm} \quad (6)$$

The HOD used to identify unvoiced sounds is easier than the ZCR(19).

4. TESTS AND EXPERIMENTS

The tests were implemented using the BEPPA corpus, which was designed to study River Plate Spanish adult audiometric testing and hearing aid selection and performance (20). Recordings of 3 male voices and 3 female speakers between 18 and 45 years, natives of Argentina, belonging to the region of Río de la Plata were performed. BEPPA has a sampling frequency of 48 kHz and 16 bit resolution (21).

It was also necessary to segment and perform a sub-sampling of the BEPPA corpus, it was then implemented with a MATLAB algorithm that converts data cho-

sen from 48 kHz to 16 kHz. In the BEPPA corpus the following experimental sentences were implemented and subsampled (in Spanish) in order to perform the signal analysis experiments:

- Dawn was clouded but it cleared up in the afternoon.
- The pain was very great but short lived.
- It is too heavy, no?
- The highway was empty but we still arrived late.
- The meat is raw and I do not like that way.
- The children fell asleep, did you realize this?
- What a terrible problem, don't you think?
- Do you remember the number or do I have to check?
- They are all on vacation.
- Did you take the remedy or did you forget?

The first implemented VAD uses the STE to locate the beginning and end of the speech signal. The method uses two steps to calculate the detection thresholds:

1. Uses a higher threshold τ_u to determine the start of the final index.
2. Expands the boundaries to reach the lower threshold τ_l .

Figure 1 illustrates the algorithm used.

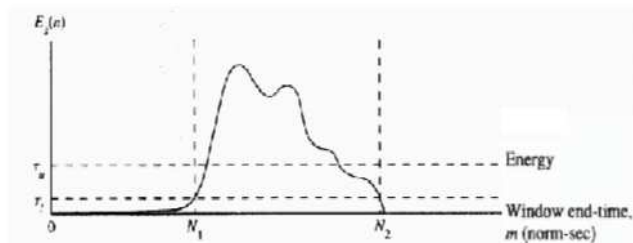


Figure.1 Location thresholds for VAD employing short-term energy (3).

This method was proposed by (3) one of the most used in the literature for its versatility and low computational cost.

After testing with the decision using only the power of short time, an algorithm that combines the zero crossing rate and energy of short-time signal was implemented. The VAD detection algorithm performs the following steps:

1. Using a high threshold τ_u to determine the start and end point energy.
2. Extend the limits to reach the lower threshold τ_l .
3. Extend the limits further to reach the threshold of ZCR τ_{zc} .

The method is illustrated in Figure 2 and was first proposed by (3).

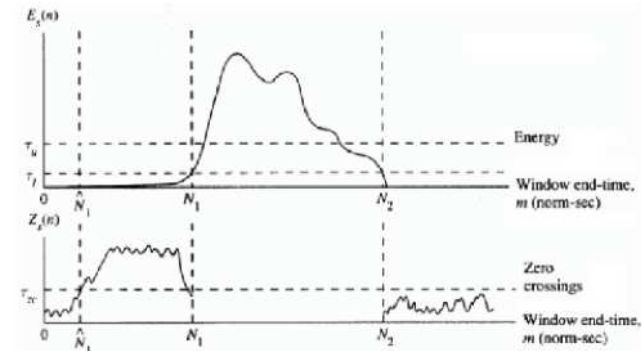


Figure. 2 VAD Algorithm with STE and ZCR (3).

It can be noticed that the ZCR improves detection of voice activity. Finally, HOD was used for the detection of the segments that are silent or of unvoiced speech. In order to be implemented, the algorithm must perform the following steps:

1. Calculate the energy and the sum of the absolute values of the differentials of order n .
2. Select a weighting factor (weight) w from $[0,1]$ to calculate the new curve:

$$VH = w \times \text{energy} + (1-w) \times HOD \quad (7)$$

3. Finding a relation ρ to calculate the threshold τ_{VH} and determine the final index of the sample. threshold equals:

$$VH_{min} + (VH_{max} - VH_{min}) \times \rho \quad (8)$$

As can be seen, this method depends on three parameters to determine n , w , ρ . Typical values of these parameters are: $n = 4$, $w = 5$ and $\rho = 0.125$, according to (19), but nevertheless vary according to the dataset (voice).

5. RESULTS

The results obtained using the short-time power are shown in Figure 3.

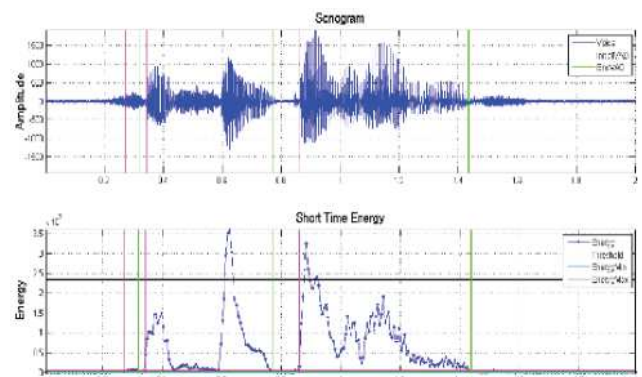


Figure. 3 VAD using the STE

Clearly, it can be observed that the threshold values are critical when locating the start and endpoints of the speech signal. When the thresholds of minimum and maximum energy were changed, erroneous detections in the algorithm were obtained. Many problems also presented themselves when trying to detect unvoiced or silent speech. The most suitable value for the threshold found in the analysis, was 0.03 for the BEPPA battery, the index was multiplied to the maximum value of the energy of the speech signal.

When implementing the algorithm that combines the STE and ZCR, the improvement was evident in the detection of unvoiced speech segments, in Figure 4 the results are shown.

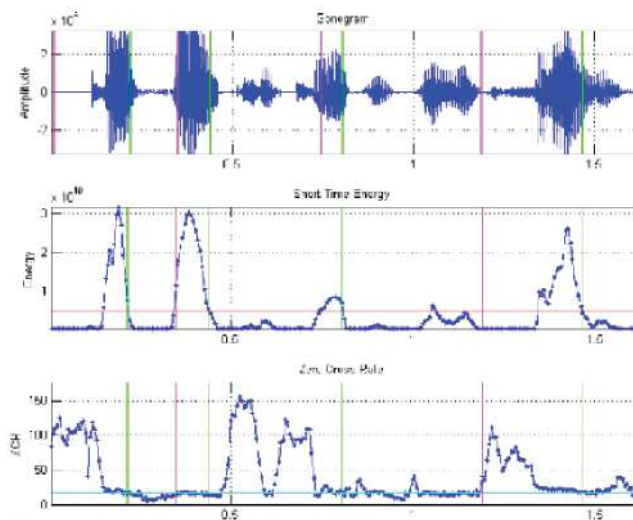


Figure 4 VAD with STE and ZCR.

Once again finding the value of the threshold detection is the main issue, although improvement in detection is evident. In the method, the initial value of the word is calculated using the threshold τ_{zc} increasing the size of the detection limit and thus improving efficiency of the VAD algorithm, first suggested in (3). Finally, we implement the algorithm using HOD for detection. The results obtained with this algorithm on the BEPPA battery, shows improved efficiency when the detection of unvoiced speech segment (TDD) as compared to its predecessor, when the ZCR is implemented, and in which case detection of words takes both segments into account, ie the voiced and unvoiced segments and ignoring the silent segments. In Figure 5, the above results are shown.

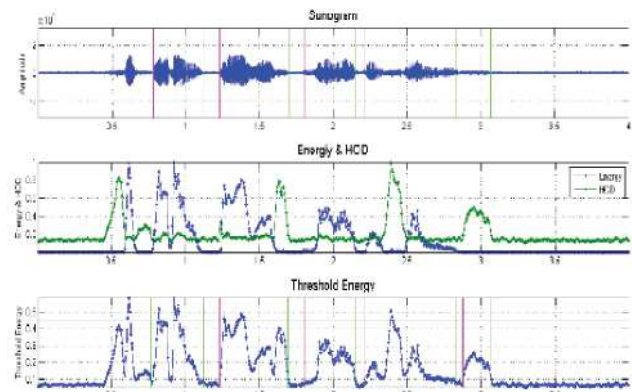


Figure 5 VAD with STE and HOD.

The differences can still be observed and the presented thresholds used in each algorithm. The error matrix was used for the analysis of the implemented VAD ratings. To obtain the error matrix the algorithm was used with 10 sentences and for each the BEPPA battery was used, ie it had 65 words and about 40 rests. Table 1 shows the low efficiency of the algorithms that use only short-term energy to arrive at a decision, therefore the algorithm implemented in BEPPA is demonstrated to show a sensitivity of 66.2%. Since no false positive errors were detected specificity is 100%, and this percentage supports the results of (3) and (22), but shows a problem inherent in the use of the same thresholds and the corresponding classification decision. The error rate presented by this algorithm was 21.2%.

Table 1. Error matrix for the VAD with STE.

Algorithm VADSTE	Speech	Silence
False Positives	43	22
False Negatives	0	39

The results of the algorithm used with the STE and ZCR are shown in Table 2, where we can observe a slight improvement, but not a substantial change when trying to obtain a more robust algorithm. The sensitivity in this case was 75.4%. Again, the specificity is 100% effective in showing the readings with low background noise. The error rate also shows an improvement in its results to be 15.5%.

Table 2. Error matrix for the VAD with STE-ZRC

Algorithm VADSTEZRC	Speech	Silence
False Positives	49	16
False Negatives	0	38

Finally, Table 3 illustrates the results obtained by implementing the HOD using VAD detection, which shows a sensitivity of 96.9%. Demonstrating a marked improvement in the decision, this is due to the ability of the algorithm to distinguish the unvoiced speech segments. The specificity is 100% and the error rate is of 2.9%.

Table 3. Confusion matrix for the VAD with HOD

Algorithm VADHOD	Speech	Silence
False Positives	63	2
False Negatives	0	40

6. CONCLUSIONS

Due to problems encountered in empirically select the best threshold through trial and error, and the absence of bibliographic references that allow to apply seve-

ral techniques for finding the most efficient threshold and, although in (16) different methods are described for VAD decision either by statistical methods, with distances and decision making by heuristics because, they were not implemented for River Plate Spanish. These results suggest that VAD cannot have universal thresholds, i.e. these cannot be implemented for any language or languages. This leads us to suggest that when the VAD threshold depends on the energy, you should implement robust decision methods for selecting optimal thresholds or using machine-learning based on statistical properties. The contribution of this research is that we can say that it is possible to use a single algorithm for different languages but it must have the ability to change the threshold adapted to the language used. Finally, it is suggested to implement algorithms comparisons with signals below freezing relations noise, that is, $\text{SNR} \leq -5\text{dB}$.

BIBLIOGRAPHY

1. Kondoz A. M. . Digital Speech: Coding for Low Bit Rate Communication Systems. 1st ed. UK. John Wiley & Sons; 2006
2. Campanella S. J. Advanced Digital Communications Systems and Signal Processing Techniques. 1st ed. Englewood Cliffs NJ. Prentice Hall; 1987
3. Rabiner L. R. and Sambur M. R. . An algorithm for determining the endpoints of isolated utterances. *The bell system Technical*.1975;1(0):297-301
4. Rabiner L. R. and Sambur M. R.. Voiced-unvoiced-silence detection using the itakura lpc distance measure. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*.1977;1(1):323-325
5. Irwin M. J. Periodicity estimation in the presence of noise. in *Acoustics Conference*. 1980.
6. Tucker R. Voice activity detection using a periodicity measure in *IEEE Proceedings Communications*. 1992; vol. 139:377–380.
7. Haigh J. A. and Mason J. S., Robust voice activity detection using cepstral features- in *IEEE TENCON'93*; 1993;vol. 3:321–324.
8. Srinivasan K and Gersho A. Voice activity detection for cellular networks. in *IEEE in workshop on speech coding for telecommunications*. 1993: 85–86.
9. Huan Y. S. Benyassine A. Shlomot E. and Yuen E.. A robust low complexity voice activity detection algorithm for speech communication systems. in *Workshop on Speech Coding for Telecommunications*.1997;1():97-98
10. ITU-T. A silence compression scheme for g.729 optimized for terminals conforming to itu-t v.70. *Technical report, ITU-T Rec. G.729 Annex B*, November 1996.
11. Stegmann J. and Schröder G. Robust voice activity detection based on the wavelet transform. in *IEEE Workshop in Speech Coding, Pennsylvania*. USA. September 1997:99–100
12. Renevey P. and Drygajlo A. Entropy based voice activity detection in very noise conditions.

- in *EUROSPEECH, European Conference on Speech Communication and Technology*. September 2001
13. Gökhan S. and Özer H. Voice activity detection in nonstationary noise. in *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*. 2000:478 – 482.
 14. Bing F W and Kun C W. Voice activity detection based on autocorrela function using wavelet transform and teager energy operato. *Computational Linguistics and Chinese Language Processing*. 2006;11(1):87-100
 15. Kim N. S., Chang J-H. and Mitra S. K. Voice activity detection based on multiple statistical models in *IEEE signal pricessing* June 2006:1965–1976.
 16. Gorriz J.M. Nuevos avances en la detección de actividad de voz mediante estadística de alto orden y estrategias de optimización. *Tesis doctoral. Departamento de arquitectura y tecnología de computadores - Universidad de Granada*. Mayo 2006
 17. Hansen J.H Deller J.R and Proakis J.G. Discrete time processing of speech signals. *John Wiley & Sons*. New York. 1993.
 18. Rabiner L.R. and Schafer R.W. Digital processing of speech signals. *Prentice-Hall signal processing series*. Prentice-Hall. 1978.
 19. Jyh-Shing R. J. . *Audio Signal Processing and Recognition*. <http://mirlab.org/jang/books/audioSignalProcessing/> (accessed 9 de Junio 2010).
 20. Tato J.M. Características acústicas de nuestro idioma. *Revista Otolaringológica*. 1949;1:17–34.
 21. Rufiner H. L. Sigura A.D. Ossela, E. and M. E. and Torres. Sistema de administración para batería de ensayos para pacientes con prótesis auditivas. in *XVII Congreso Argentino de Bioingeniería - SABI'09*. 2009:94–98.
 22. Kondo A.M. Digital speech Coding for Low Bit Rate Communication Systems. *John Wiley & Sons*. USA. 2004



PARÁMETROS GENERALES DE PUBLICACIÓN

RIUQ

La siguiente es una guía con aspectos generales y parámetros para la debida publicación en la revista de investigaciones de la Universidad del Quindío.

Vicerrectoría de Investigaciones Universidad del Quindío

15/03/2016

INFORMACION GENERAL

La Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío (RIUQ) es el órgano oficial de difusión de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío, dirigida a la comunidad científica nacional e internacional; tiene como objetivo primordial apoyar, incentivar y difundir la producción intelectual de los docentes e investigadores. La revista publica artículos originales de investigación, artículos técnicos, revisiones de literatura, revisiones de tema, comunicaciones breves e informes de casos que a juicio del Comité Editorial sean de interés. La revista cubre todas las áreas de conocimiento, por ende, se cataloga como multidisciplinaria.

Políticas Generales: Cada autor es responsable de las interpretaciones, los enfoques y las opiniones expresados en su trabajo. El Comité Editorial no asume responsabilidades sobre el contenido y las interpretaciones de los artículos publicados, ni éstos expresan el pensamiento, la ideología o la interpretación de la Universidad del Quindío o del Comité Editorial.

Periodicidad de la revista: La revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío tiene una Periodicidad anual, durante el cual se publican dos Volúmenes de un solo número.

La revista actualmente se encuentra referenciada en:

- El Sistema Nacional de Indexación y homologación de revistas especializadas de CT+I-PU-BLINDEX, categoría C.
- El Catalogo del Sistema regional de información en línea para revistas científicas de américa latina, el caribe, España y Portugal - LATINDEX.
- Las bases de indexación internacional EBSCO
- Las bases de indexación internacional Periódica
- Las bases de indexación Google Scholar

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

INFORMACION GENERAL

Reserva de derechos

La Revista de investigaciones de la Universidad del Quindío se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos y hacer modificaciones de forma al texto, con el fin de mejorar su edición. Todo material propuesto para publicación en la Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío será revisado por el Comité Técnico y enviado para su evaluación

externa por árbitros anónimos. Los editores informarán al autor principal que su trabajo ha sido recibido, se le harán llegar los comentarios de los evaluadores y la decisión final sobre la publicación.

Cesión derechos de autor: Al enviar el trabajo los autores manifiestan a través de la carta de cesión de derechos que es su voluntad ceder a la Universidad del Quindío los derechos patrimoniales que le corresponden como autor de este trabajo. Los derechos aquí cedidos comprenden todos los derechos patrimoniales (Reproducción, transformación, comunicación pública y distribución) y se dan sin limitación alguna en cuanto a territorio se refiere; esta Cesión se da por todo el término de duración establecido en la legislación vigente en Colombia.

Tipos de artículos

1. **Artículo de investigación científica y tecnológica:** (de 5 a 15 páginas): Es el producto de una investigación que presenta de manera detallada resultados originales; debe contener la siguiente estructura: introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones.
2. **Artículo de revisión:** Estudio y análisis crítico de la literatura reciente sobre el campo de la ciencia especial, con el fin de dar cuenta de los avances o tendencias de desarrollo. Debe contener, al menos, cincuenta (50) referencias bibliográficas.
3. **Artículo de Reflexión:** Es un texto donde el autor presenta resultados de una investigación con una perspectiva analítica, interpretativa o crítica sobre un tema específico.
4. **Artículo Corto:** Resultados originales y parciales de una investigación científica o tecnológica, que, por lo general, requieren de una pronta difusión.
5. **Reporte de caso:** Resultados de estudios sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas un caso específico. Incluye revisión bibliográfica de casos análogos.
6. **Cartas al editor:** Posiciones críticas analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión

del tema por parte de la comunidad científica en referencia.

7. **Confinos:** Es el resultado de avances y aportes en el entendimiento ligado con la literatura, filosofía, artes plásticas y sus confines con otros saberes.
8. **Semblanzas:** Ofrecer al lector una aproximación al oficio y los altibajos de las personas o entidades que día a día hacen una buena contribución en el desarrollo de la ciencia y cultura.

También se puede realizar publicaciones en la revista que no requieren ser producto de procesos investigativos, aunque el Comité Editorial tendrá en cuenta los mismos criterios en lo que se refiere a calidad y pertinencia. Puede ser presentado en forma artículo o entrevista.

Condiciones para la publicación de un material

1. El artículo puede estar escrito en castellano, inglés, francés o portugués.
2. Los trabajos deben presentarse en papel tamaño carta, escrito por un solo lado, en tipo de letra Times New Roman o Arial, de cuerpo 12 para el texto “normal” y un cuerpo menor (por ejemplo, 11) para los formatos “cita” y “nota al pie”, con un espaciado interlineal de 1.5. Se debe adjuntar archivo en soporte informático (formato Word). Se aceptan máximo veinte (20) páginas y mínimo diez (10), incluyendo tablas, gráficas y fotografías (máximo 2 fotos a color; las excedentes se publicarán en blanco y negro).
3. Los artículos originales deben ser organizados en secciones las cuales deberán ir con negrilla y luego punto seguido en donde se inicia el texto de cada sección. Las siguientes son las secciones:
 - **Encabezamiento.** Contiene: el título del artículo (en castellano e inglés), conciso pero informativo, sin abreviaturas y en mayúsculas; además un título corto o resumido del mismo artículo; nombres y apellidos completos de cada autor, acompañados de sus grados académicos más importantes y su afiliación institucional; nombre, dirección y correo electrónico del autor que se ocupará de la correspondencia relativa al manuscrito.
 - **Resumen y abstract:** (En castellano, inglés ó portugués). Con espaciado sencillo y sin que exceda las 250 palabras. En él se indicarán los propósitos

del estudio o investigación; los procedimientos básicos que se han seguido; los resultados más importantes (datos específicos y, de ser posible, su significación estadística); y las conclusiones principales con énfasis en los aspectos nuevos e importantes del estudio.

A continuación del resumen se agregan las palabras clave (en castellano, inglés ó portugués): de 3 a 10 palabras o frases cortas.

- **Introducción.** Desarrollo del tema. Distribuir el contenido según la conveniencia del tema, con subtítulos o apartes. (Máximo dos páginas).

Enlaces en donde se pueden buscar palabras clave
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh> <http://databases.unesco.org/thessp/> <http://www.unforbi.com.ar/herramientas/tesauros.html>

Texto: Debe contener los siguientes apartes:

- **Introducción** Debe indicar claramente el propósito de la investigación, relacionando igualmente en forma selectiva la literatura pertinente. No incluya datos ni conclusiones del trabajo que está dando a conocer. Al finalizar esta sección deberá hacerse un párrafo con los objetivos a desarrollar en el manuscrito.
- **Materiales y Métodos** Se debe describir claramente los procedimientos empleados en la investigación, incluyendo diseño estadístico y análisis de datos. Esta sección deberá ser estructurada indicando tipo de estudio, sitio, condiciones geoclimáticas, coordenadas del sitio de estudio, paciente o animal de estudio, métodos de laboratorio, aspectos éticos, etc. Con los que se dan el cumplimiento de cada uno de los objetivos.
- **Resultados** Corresponde a la información de los hallazgos pero sin incluir comentarios ni referencias a otros trabajos. Se sugiere utilizar tablas y figuras, las cuales no deberán ser más de seis en lo posible. Las tablas y figuras no deben de llevar fondos, así mismo las tablas no deben de ir con líneas internas. Si en el artículo se utilizan ecuaciones, estas deberán tener numeración consecutiva y se deberán citar y usar en el texto. Las ecuaciones. Deben ser justificadas, numeradas secuencialmente y con los núme-

ros entre paréntesis, justificados a la derecha: (1)

- **Discusión** Es la interpretación de los resultados obtenidos y la contrastación de los mismos con otros estudios. Se debe destacar las limitaciones del estudio e igualmente evitar especulaciones. Resaltar las conclusiones del estudio, así como las recomendaciones para futuras investigaciones.
- **Agradecimientos** Mencionar las personas o instituciones que han colaborado con la investigación (financiera, logística, intelectual, entre otras.).
- **Referencias bibliográficas** (Para los manuscritos que pertenezcan a las ciencias humanas y sociales, educación, contables y afines deben ceñirse a las norma APA, y los manuscritos presentados en las áreas de Ciencias de la Salud, Ingenierías, Ciencias Básicas, Agroindustriales se ciñen a las normas VANCOUVER). A continuación se recuerdan las normas generales:

Normas APA: En las normas APA, los autores se referencian en el texto, se utiliza el apellido del autor seguido del año separado por una coma y entre paréntesis, y en el listado final se organiza en orden alfabético.

Tuszynsky, J., Brown, J., Crawford, E., Carpenter, E., Nip, M., Dicon, J., y otros. (2005). Molecular dynamics simulations of tubulin structure and calculations of electrostatic properties of microtubules. *Mathematical and Computer Modelling*, 41 (10), 1055-1070.

Para Libros: Apellido del autor, iniciales del autor. Año de publicación entre paréntesis. Título del libro en letra cursiva. Lugar de publicación (ciudad, estado, provincia, país), seguido de dos puntos. Nombre de la casa editorial.

Para Capítulos de Libros: Apellido, iniciales del autor del capítulo. Año de publicación entre paréntesis. Título del capítulo. La palabra “En”, seguida por las iniciales y apellido del editor del libro en el cual aparece el capítulo, seguido de “(Ed.)”. Título del libro en el cual aparece el capítulo, en letra cursiva. Entre paréntesis, las páginas correspondientes al capítulo. Lugar de publicación (ciudad, estado, provincia, país), seguido de dos puntos. Nombre de la casa editorial.

Para Referencias de Revistas: Apellido del autor,

iniciales del autor. Año de publicación entre paréntesis. Título del artículo. Nombre de la revista, en letra cursiva. Número del volumen, en cursiva (se podrá incluir también el número de la revista entre paréntesis). Páginas en que aparece el artículo.

Para Referencias de Artículos de Periódico: Apellido del autor, iniciales del autor. Fecha de la publicación entre paréntesis. Título del artículo. Nombre del periódico, en letra cursiva. Páginas en que aparece el artículo.

Para Referencias de Tesis: Apellido del autor, iniciales del autor. Año de publicación entre paréntesis. Título de la tesis en letra cursiva. La leyenda “Tesis de (grado académico) no publicada”. Nombre de la universidad, ciudad, país.

Para Referencias de páginas web: Dirección. Por ejemplo, <http://www.ulacit.ac.cr/paginas/investigacion.html>. Título de la página. Refiérase al título que aparece al principio de la página, o en el encabezado de su navegador. Autor (es) de la página. Si no aparece una persona como autor, el autor es la institución, organización o empresa que publica la página. Fecha de acceso.

Normas VANCOUVER Para el caso de las normas VANCOUVER, estás se referencian en el texto por numeración arábiga entre paréntesis (1) y se listan de acuerdo al orden en que fueron citados en el marco del texto.

(1) Parkin DM, Clayton D, Black RJ, Masuyer E, Friedl HP, Ivanov E, et al. Childhood leukemia in Europe after Chernobyl: 5 year follow-up. *Br J Cancer* 1996;73:1006-12.

Para Artículos de Revistas: Estructura general: Autor/es. Título del artículo. Abreviatura internacional de la revista. año; volumen (número): página inicial-final del artículo. Si los autores fueran más de seis, se mencionan los seis primeros seguidos de la abreviatura et al.

Para Libros y Otras Monografías: Estructura general: Autor/es. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año. La primera edición no es necesario consignarla. La edición siempre se pone en números arábigos y abreviatura: 2ª ed. Si la obra estuviera compuesta por más de un volumen, se debe citar a continuación del título del libro.

Para Otros Trabajos Publicados:

Artículo de periódico Autor del artículo. Título del artículo. Nombre del periódico. Día mes año; Sección: página (columna).

Material audiovisual Autor/es. Título de la videocinta [videocinta]. Lugar de edición: Editorial; año. Aplicable a todos los soportes audiovisuales.

Documentos legales: (leyes, decretos, órdenes, etc.) Título de la ley/decreto/orden... (Nombre del Boletín Oficial, número, fecha de publicación)

Mapa: Nombre del mapa [tipo de mapa]. Lugar de publicación: Editorial; año.

Diccionarios y obras de consulta: Dorland Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina. 28ª ed. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana; 1999. Afasia; p. 51.

En prensa Leshner AI. Molecular mechanisms of cocaine addiction. N Engl J Med. En prensa 1997.

Para Material Electrónico: CD-Rom, Dvd-Rom, Blu-Ray u otro medio de almacenamiento electrónico perdurable Autor/es. Título [CD-ROM, DVD-ROM, BLU-RAY]. Edición. Lugar: Editorial; año.

Artículo de revista en Internet: Autor/es del artículo. Título del artículo. Nombre de la revista [revista en Internet] año [fecha de consulta]; volumen (número): [Extensión/páginas]. Dirección electrónica.

Monografía en Internet: Autor/es o Director/Coordinador/Editor. Título [monografía en Internet]. Edición. Lugar de publicación: Editor; año [fecha de consulta]. Dirección electrónica.

Sitio Web o Página principal de inicio de un sitio Web: Autor/es. Título [sede Web]. Lugar de publicación: Editor; Fecha de publicación [fecha de actualización; fecha de acceso]. Dirección electrónica. Título de la página [sede Web]. Lugar de publicación: Editor; Fecha de publicación [fecha de actualización/ revisión; fecha de acceso]. Título de la sección [número de páginas o pantallas]. Dirección electrónica.

Base de datos en Internet o Repositorio: Institución/Autor. Título [base de datos en Internet]. Lugar

de publicación: Editor; Fecha de creación, [fecha de actualización; fecha de consulta]. Dirección electrónica.

Si requiere más información acerca de las referencias puede dirigirse a: <http://antoniorondolugo.com/blog/wp-content/uploads/2012/10/las-normas-de-referencia-y-citas-bibliograficas-vancouver2.pdf> http://www.magisteriolalinea.com/home/carpeta/pdf/MANUAL_APA_ULACIT_actualizado_2012.pdf

OTRAS RECOMENDACIONES

- Citas textuales: Toda cita textual debe ir entre comillas si tiene menos de cinco (5) líneas. Si se trata de una cita más larga de escribe centrada a un solo espacio y sin comillas. En ambos casos se indica el apellido del autor(es) del texto, año de publicación, dos puntos y página(s) de donde se ha extraído. Todo ello entre paréntesis. Ejemplo “XXXXXXXX” (morEno, m., 1997:101).
- Los pies de páginas se usan solo para comentarios, digresiones, aclaraciones, etc.
- Tablas. Las tablas deben llevar numeración arábiga y el nombre en la parte Superior de la tabla con letra Times New Roman de 11 puntos. Todas las tablas deben ser mencionadas o referenciadas en el texto. Ej. La Tabla 1 muestra la estructura del artículo y las letras su tamaño y estilo.

Tabla 1. Ejemplo de tabla en artículo

Ítem	Tamaño	Estilo
Título	14	Negrita Mayúsculas
Nombres, dirección y filiación, email de los autores	12	Regular
Abstract	10	Negrita
Encabezados de secciones	10	Negrita
Cuerpo del texto	10	Regular
Expresiones Extranjeras	10	<i>Itálica o Cursiva</i>

- **Figuras.** Las fotografías y figuras deben ser originales y referenciadas en el texto, deberán incluirse en escala de grises y solo se aceptará en colores cuando ellos sean necesarios para el entendimiento de la misma. La resolución recomendada es 300 dpi a tamaño real. Deben llevar numeración arábiga de acuerdo con su orden de aparición en el texto, además del nombre en la parte inferior de la figura en letra Times New Roman de 10 puntos.

Evaluación de los artículos y proceso editorial

El Comité Editorial acusará recibo de los trabajos y

los someterá a revisión técnica del Comité, los manuscritos que cumplan todos los requisitos técnicos serán enviados a los revisores nacionales o internacionales -oída la opinión de los revisores nacionales o nacionales- se decidirá acerca de la conveniencia o no de la publicación de los originales recibidos, tanto por la relevancia y grado de aportación de su contenido como por su estructura formal. El concepto final del artículo puede ser aceptado, condicionado o rechazado. Este proceso de dictamen es de modalidad “doble ciego” y lo que pretende es ocultar la identidad de los autores y evaluadores en el proceso de arbitraje. De este modo se protege el anonimato y se contribuye a la evaluación objetiva. El resultado de las evaluaciones será comunicado al autor en un periodo de hasta 4 meses a partir de la recepción del artículo.

Las observaciones de los árbitros, así como las del comité editorial, deberán ser tomadas en cuenta por el autor, quien hará los ajustes solicitados. Si en el transcurso de las (3) semanas siguientes la revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío no recibió respuestas de las correcciones y modificaciones realizadas por el autor se procederá a retirar el manuscrito. Luego de recibir el artículo modificado, este será sometido a revisión y posteriormente se le informará al autor acerca de su aprobación.

Los autores recibirán las galeras del manuscrito para su revisión final y deben ser devueltas al editor en el término de 2 días. Una vez realizada la publicación el autor principal recibirá sin costo tres ejemplares de la revista.

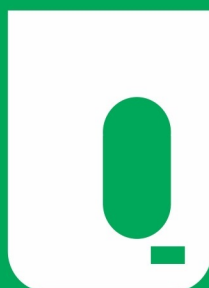
Durante el proceso de edición, los autores podrían ser consultados por el editor para resolver las inquietudes existentes. Tanto en el proceso de evaluación como en el proceso de edición, el correo electrónico constituye el medio de comunicación privilegiado con los autores.

Correspondencia

Para el envío de artículos lo puede hacer por vía electrónica o por correo postal (en este caso debe de remitir una copia digital y una copia impresa), dirigido al Comité Editorial de la Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío (Av. Bolívar calle 12 norte Bloque administrativo 1 Armenia Quindío), al correo electrónico riuq@uniquindio.edu.co o a la plataforma Open Journal System(OJS) de la Universidad del Quindío, realizando su registro correspondiente en la Url o dirección web: <http://www.riuq.edu.co/index.php/riuq/user/register>

ISSN Impreso
1794-631X

ISSN Electrónico
2500-5782



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO