





ISSN: 2339-3270

Revista  
INGENIERÍA, MATEMÁTICAS  
Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

PUBLICACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REPUBLICANA

VOLUMEN 5 - NÚMERO 10 - JULIO - DICIEMBRE DE 2018





**Corporación Universitaria Republicana**  
**Centro de Investigaciones**

*Fecha de publicación: julio de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci>



Todos los contenidos de esta revista se rigen por Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional License.

Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, es una publicación del Centro de Investigaciones de la Corporación Universitaria Republicana - Bogotá, D.C.

Los artículos publicados en la revista pueden ser reproducidos total o parcialmente, citando la fuente y el autor.

Enfoque o perspectiva de análisis y contenido de los artículos son responsabilidad de los autores.

**DIRECTIVOS**  
**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REPUBLICANA**

Presidenta del Consejo Superior : Diana Josefina Téllez Fandiño  
Rector : Gustavo Adolfo Téllez Fandiño  
Vicerrector : Gerardo Vivas Hernández  
Vicerrector Académico : Alejandro Castillo Rivas  
Director de Oficina de Planeación : Jaime Andrés Arboleda Oviedo  
Director del Centro de Investigaciones : Rodrigo Alberto Plazas Estepa  
Decano Facultad de Derecho : Iván Alfonso Cancino González  
Decana Facultad de Contaduría : Judith E. Carolina Herrera Peñaloza  
Decano Facultad de Finanzas  
y Comercio Internacional : John Freddy Bustos Lombana  
Decana Facultad de Trabajo Social : Jazmín Alvarado González  
Decano (e) Facultad de Ingeniería  
y Ciencias Básicas : Elías Buitrago Bolívar

**EDITORA**  
**Evelyn Garnica Estrada**

**COMITÉ EDITORIAL**

Magdalena Pradilla Rueda  
Diana Janeth Lancheros Cuesta  
Pedro Fernando Martín Gómez  
Nelly Paola Palma Vanegas  
Emilio Delgado Tobón

**COMITÉ CIENTÍFICO**

Raúl Manuel Falcón Ganformina  
José Antonio Tumialán Borja  
María Elisia Armas Alvarado  
Claudia Alexandra Garzón Santos  
Paula Marcela Hernández Díaz

Publicación semestral  
Número de ejemplares: 200  
ISSN: 2339-3270

**Información:**

Centro de Investigaciones  
Carrera. 7 No. 19-38 • PBX: 286 23 84 - Ext. 114

**Armada digital e impresión:**

Gرافيweb Impresores Publicistas • Tel.: 6945017  
grafiwebgerencia@gmail.com

## COMITÉ EDITORIAL

### **Magdalena Pradilla Rueda**

Doctorado de Matemáticas aplicadas a ciencias sociales y Magister en Informática y Matemática en Ciencias Sociales de la Universidad de Grenoble. Doctorado en Filosofía y Magister en Filosofía de la Universidad Paris I Pantheon Sorbonne. Informática de la Universidad de Grenoble. Licenciatura en Relaciones Internacionales y Diplomacia de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

### **Diana Janeth Lancheros Cuesta**

Doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana - Sede Bogotá. Magister en Tecnologías de la Información de la Universidad Pedagógica Nacional - U.P.N. Especialista en multimedia para la docencia de la Universidad Cooperativa De Colombia. Ingeniera de Diseño y Automatización Electrónica de la Universidad de la Salle.

### **Pedro Fernando Martín Gómez**

Doctorado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Uberlândia. Magister en Materiales y Procesos de Manufactura e Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.

### **Nelly Paola Palma Vanegas**

Magister en Ciencias - Matemática Aplicada de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Matemática de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Docente Fundación Universitaria Konrad Lorenz - Universidad Nacional de Colombia.

### **Emilio Delgado Tobón**

Magister en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Los Andes, Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Docente investigador Uniagustiniana.

## COMITÉ CIENTÍFICO

### **Raúl Manuel Falcón Ganfornina**

Doctor en Matemáticas, Universidad de Sevilla. Matemático, Universidad de Sevilla.

### **José Antonio Tumialán Borja**

Doctorado en Ingeniería Mecánica, Magister en Ingeniería Mecánica e Ingeniero de software de la Universidad Federal de Uberlândia, Brasil.

### **María Elisia Armas Alvarado**

Candidata a Doctor en Ciencias de la Universidad de São Paulo (USP). Master en Ciencias, Universidad de São Paulo (USP). Ingeniera Electrónica de la Universidad Privada Antenor Orrego.

### **Claudia Alexandra Garzón Santos**

Doctora en Ingeniería, Industria y Organizaciones de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Administración de Empresas, de la Universidad Nacional de Colombia. Economista, Universidad Nacional de Colombia.

### **Paula Marcela Hernández Díaz**

Candidata a Doctor en Desarrollo Sostenible, Magister en Tecnologías y Administración Ambiental de la Universidad de Manizales. European MSc in environmental technology & management, De Montfort University - Leicester UK. Especialista de Mercadeo e Ingeniera de Procesos de la Universidad EAFIT.

## PARES EVALUADORES

### **Carlos Andrés González Cortés**

Magíster en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos de la Universidad del Mar, Viña del Mar de Chile. Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

### **Christian Orlando Benavides**

Estudios de Doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Magíster Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes. Físico de la Universidad de Nariño. Ingeniero de Sistemas de la Fundación Universitaria San Martín.

### **Harold Hernández Cruz**

Magíster en ciencias de la educación de la Universidad de la San Buenaventura. Especialista en Estadística aplicada de la Fundación Universitaria Los Libertadores. Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

### **John Alexander Rico Franco**

Especialista en Seguridad de Redes e Ingeniero de Sistemas de la Universidad Católica de Colombia, enfoque en proyectos de auditoría, seguridad informática, criptografía y realización de pruebas de calidad de software.

### **William Camilo Rodríguez Vásquez**

Magíster en Ingeniería Industrial e Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

## REVISTA INGENIERÍA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

ISSN 2339-3270

La Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información es una publicación científica y tecnológica de la Corporación Universitaria Republicana, que tiene por objeto publicar avances y resultados de investigación en matemáticas, ciencias de la información e ingeniería.

La publicación es semestral y está abierta a recibir en forma permanente los documentos que se postulen para publicación.

1. Para su recepción, evaluación y publicación los artículos cumplen un proceso de preselección basado en dos criterios: el primero atiende a la tipología del artículo de acuerdo con las categorías de Colciencias; el segundo, verifica el cumplimiento de los requisitos formales.

Si el artículo no corresponde a ninguna de las categorías establecidas por la revista o no se ajusta a los requisitos de presentación formal, será devuelto a su autor, quien podrá volver a remitirlo al editor cuando se hagan las correcciones. Se debe cumplir con los siguientes criterios según los requerimientos de tipo científico de acuerdo con la clasificación de Colciencias:

- **Artículo de investigación científica y tecnológica.** «Informe escrito que da cuenta de los resultados originales de una investigación y que debe cumplir con requisitos formales establecidos dentro de una disciplina y una comunidad científica y tecnológica, formalidades que se reflejan en las prácticas generalmente aceptadas para la publicación de documentos en las revistas que pudieran llegar a aceptarlo». Colciencias (2012).
- **Artículo de reflexión.** Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
- **Artículo de revisión.** Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos cincuenta referencias.

2. Se aceptan artículos escritos en español, inglés o francés. No se aceptan artículos que hayan sido publicados o que se encuentren en proceso de publicación en otra revista. Todo autor debe acompañar su propuesta con una constancia de que el texto presentado es de su autoría e inédito, garantizando que el mismo no ha sido propuesto en ninguna otra publicación.

3. Los artículos deberán tener un sustento bibliográfico. Las referencias bibliográficas tienen que hacerse de estilo de citación y de presentación según las **normas IEEE**.

4. En la primera página se debe hacer la correspondiente referencia sobre el autor y sus calidades académicas e investigativas. Adicionalmente señalar el proyecto de investigación del cual procede el artículo y la institución a la que corresponde.

5. Extensión máxima de 20 páginas, presentación en Word, carta, letra Times New Roman, con las **normas IEEE**.

La Revista utiliza el sistema de revisión externa (Double-Blind Peer Review) de forma anónima mediante el método de “doble ciego”, así mismo la revista podrá publicar artículos que cumplan con los requisitos de forma y contenido y que hayan sido evaluados favorablemente por árbitro o par académico.

Cada ejemplar se edita en versión impresa y también en versión electrónica (ISSN 2357-3716), esta última disponible en: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/index>. Esta es una revista de acceso abierto (Open Access), significa que todo el contenido es de libre acceso y sin ningún coste para el usuario/a o para su institución. Los usuarios pueden leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o enlazar con los textos completos de los artículos de esta revista sin pedir permiso previo, pero reconociendo los derechos de autor haciendo las referencias correspondientes.

Los artículos podrán remitirse mediante la página electrónica OJS o al correo electrónico de la Revista: [revistaingenieria@urepublicana.edu.co](mailto:revistaingenieria@urepublicana.edu.co). El formato IEEE esta disponible en el sitio online de la revista.

Para ampliar información acerca de los parámetros, plazos y condiciones puede contactar a la editora de la revista Ing. Evelyn Garnica Estrada al correo electrónico: [egarnicae@urepublicana.edu.co](mailto:egarnicae@urepublicana.edu.co)



# CONTENIDO

Pág.

## Editorial

*Evelyn Garnica Estrada* ..... 11

## Artículos de Investigación

DEL ESQUEMA DE FÁBRICAS DE SOFTWARE A UNA ARQUITECTURA DE REFERENCIA POR MEDIO DE LAS TRANSFORMACIONES DE MODELOS (IMFS & VCD)

From software factories schema to an architecture of reference, using model transformations (MESF & DQV)

*Aleidys S. Arraiz Goicochea, Victor A. Esteller L.* ..... 13

SOLUCIÓN COMO FUNCIÓN LINEAL APROXIMADA EN UN REDUCIDO INTERVALO DE ECUACIONES DIFERENCIALES DE PRIMER ORDEN CON FUNDAMENTO EN EL PROBLEMA DE CAUCHY

The solution as a linear function approximation in a reduced interval of first order differential equations based upon the cauchy problem

*Carlos M. Mata Rodríguez* ..... 33

GRAFOS EXPANSORES EN CRIPTOGRAFÍA

Expanding graphs in cryptography

*Darío Alejandro García* ..... 39

DESARROLLO DEL MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y CONVIVENCIA CIUDADANA EN EL MUNICIPIO DE CÁQUEZA-CUNDINAMARCA A TRAVÉS DE ARCGIS

Development of the modeling for the security management and citizen coexistence system in the municipality of Cáqueza-Cundinamarca through ARCGIS

*Israel Julián Garzón Riveros, Nicolás David Echavarría Rojas,*

*Ing Ever Angel Fuentes Rojas MBA* ..... 49

MÉTODOS Y TÉCNICA ANTROPOMÉTRICA PARA EL CÁLCULO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Methods and anthropometric techniques for the calculation of body composition

*Aldo Piñeda Geraldo, Ingrid Amórtegui Monroy, Claudia Rodríguez Posada,*

*Yohana Rojas Sandoval, Leidy Santana Gutiérrez* ..... 61

|   |     |
|---|-----|
| ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DESDE LA PERSPECTIVA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍAS<br>The teaching of physics from a significant learning perspective in engineering students<br><i>Juan Guillermo Nuñez Osuna</i> .....   | 71  |
| CRECIENDO CON JUANCHO «CONECTANDO EL MUNDO FÍSICO CON EL MUNDO LÓGICO»<br>Growing with juancho «connecting the physical world with the logical one»<br><i>Christian Andrés Daza, Evelyn Yesenia Rodríguez Rivera</i> .....  | 83  |
| DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MÓVIL SEGUIDOR DE LÍNEA Y DETECTOR DE OBSTÁCULOS<br>Design and implementation of a follower of line mobile system and the obstacles detection sensor<br><i>Duovanne Ramírez, Christian Daza</i> .....   | 93  |
| REDISEÑO DE LOS PROCESOS DEL ÁREA DE COMPRAS E INVENTARIOS DE LA EMPRESA CONOS DEL SUR A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DEL BPM<br>Redesigning purchase and inventory departement for the company Conos del Sur with the application of the BPM<br><i>Diana Carolina Martínez Montero, Ing. Éver Ángel Fuentes Rojas MBA</i> ..... | 103 |

## EDITORIAL

**L**a Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información es una publicación periódica que ha recopilado trabajos e informes de investigaciones durante cinco años, convirtiéndose en un medio a través del cual los estudiantes, docentes e investigadores comparten sus logros y conocen los avances de sus colegas en sus respectivas disciplinas.

Nuestras funciones como revista científica están orientadas a ser el canal de comunicación confiable de conocimiento para la comunidad académica; mostrando resultados que validan hipótesis, cumplimiento de los objetivos, estrategias, diseño y desarrollo de soluciones; que representan la frontera de la investigación en un campo científico.

Este semestre presentamos el volumen 5 número 10 de la Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, una publicación que aborda diferentes temáticas de avances y resultados de trabajos realizados por investigadores y estudiantes, así como nuevos planteamientos técnicos y revisiones documentadas sobre temas de actualidad en los diferentes campos de la Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información.

Para esta edición número 10 se tiene contribuciones de autores provenientes de diversas instituciones a nivel nacional como la Universidad de los Andes y la Universidad Libre y contribuciones internacionales desde la Universidad de Ciego de Ávila de Cuba y la Universidad Central de Venezuela.

Adicionalmente, el presente número de la revista cuenta con artículos de la Corporación Universitaria Republicana generados desde las aulas de clase a través de los proyectos realizados en asignaturas del programa de ingeniería de sistemas; y también se cuenta con artículos de investigación generados al interior del grupo O.C.A del programa de ingeniería industrial.

Esperamos que los artículos, así como los autores sean valorados y reconocidos por la comunidad académica, ya que edición tras edición, la revista sigue trabajando en ser un espacio de permanente consulta con buenas prácticas internacionales de gestión editorial, evaluación, calidad de contenidos, metodologías, impacto y visibilidad.

Finalmente, quiero extender un agradecimiento a toda la comunidad académica de la Corporación Universitaria Republicana por el apoyo brindado a la Revista, al Centro de Investigaciones y a las Directivas, así como a revisores y autores por su contribución y valioso trabajo.

**Evelyn Garnica Estrada**  
Docente Investigadora  
Editora





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# DEL ESQUEMA DE FÁBRICAS DE SOFTWARE A UNA ARQUITECTURA DE REFERENCIA POR MEDIO DE LAS TRANSFORMACIONES DE MODELOS (IMFS & VCD)

*From software factories schema to an architecture of reference,  
using model transformations (MESF & DQV)*

ALEIDYS S. ARRAIZ GOICOCHEA<sup>1</sup>, VICTOR A. ESTELLER L.<sup>2</sup>

*Recibido:01 de junio de 2018. Aceptado:07 de junio de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a45>

## RESUMEN

Las Fábricas de Software (FS) representan un enfoque que fomenta la reutilización para la construcción de Familias de Sistemas de Software (FSS), se basan en un Esquema y una Plantilla de FS. En el Esquema se desarrollan las Arquitecturas de las Líneas de Productos de Software (ALPS) que son arquitecturas iniciales en las que se incorporan los aspectos relativos a la calidad que deben estar presente en los productos derivados, esto a través de la Vista de Calidad del Dominio (VCD), que plantea la integración de un modelo de calidad. Este trabajo propone un proceso denominado IMFS&VCD para la incorporación de los principios de la Ingeniería de Modelos (IM) para la creación de modelos, utilizando transformaciones y siguiendo un enfoque Top-Down para la obtención de una Arquitectura de Referencia (AR). El proceso planteado se lleva a cabo en la fase de Análisis del Dominio (AD) en el contexto de la Ingeniería del Dominio (ID), contemplando y describiendo las actividades, artefactos y herramientas de soporte que lo sustentan.

**Palabras clave:** Fábricas de Software, Familias de Sistemas de Software, Ingeniería de Modelos, Reutilización, Transformaciones, Vista de Calidad del Dominio.

## ABSTRACT

Software Factories (SF) represent an approach that encourages reuse for the construction of Software System Families (SSF), are based on a Scheme and a FS Template. In the Scheme the Product Lines Architecture (PLA) is developed which is an initial architecture in which the quality aspects that must be present in the derived products are incorporated, this through the Quality View of the Domain (QVD), which proposes the integration of a quality model. This work proposes a process called MESF&QVD for the incorporation of the principles of Model-Driven Engineering (ME) for the creation of models, which uses transformations, and these are described to obtain a Reference Architecture (RA), with a top-down in early stages. The process is carried out in the Domain Analysis (DA) stage in the context of Domain Engineering (DE), contemplating and describing the activities, artifacts and support tools that support it.

**Keywords:** Software Factories; Software Systems Families; Model-Driven Engineering; Reuse; Transformations; Domain Quality View.

- 1 Ingeniero de Sistemas de la Universidad Bicentenario de Aragua (UBA), egresada de la Universidad de Oriente (UDO) Núcleo Anzoátegui. Actualmente Tesista Doctoral en Ciencias de la Computación en la Universidad Central Venezuela (UCV), Caracas. Campos de investigación: la Ingeniería de Software y Desarrollo Industrial de Software. Departamento de Informática, U.P.T.P. "Luis Mariano Rivera", Carúpano, Venezuela. Correo electrónico: aleidysarraiz@gmail.com
- 2 Licenciado en Computación en la Universidad de Carabobo (UC), Magister en Tecnología Educativa de la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Aéreas (UNEFA), Doctor en Computación de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Campos de investigación: desarrollo y evaluación de software educativo, tecnología de computación y líneas de producción de software en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Departamento de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Correo electrónico: vesteller@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

Las Fábricas del Software (FS), representan una de las alternativas más vanguardistas en lo que al desarrollo de sistemas de software (SS) se refiere, en especial si se considera su abordaje de industrialización para producir las Familias de Sistemas de Software, que son un conjunto de aplicaciones o productos que poseen una arquitectura y características comunes y están referidas a un dominio en particular, en una familia a los productos individuales o específicos se les conoce como miembros. Un *dominio* representa el conjunto mínimo de propiedades que describen con precisión una familia de problemas para los cuales se requieren aplicaciones.

Es fundamental que el desarrollo de los productos que se obtienen de las Familias de Sistemas de Software sea de calidad, aspecto que las FS no definen de forma concreta y que se aborda en el trabajo publicado por Arraiz y Losavio (2015)[1], aunado a esto es importante destacar que desde la aparición del enfoque de FS, se complementan los procesos de las Líneas de Productos de Software (LPS)[2], siendo las LPS sistemas con características comunes, que permiten configurar, a partir de elementos reutilizables o existentes (activos), sistemas extensibles, procesos y contenidos para el desarrollo y mantenimiento de las variantes de un producto de software con el objetivo de sacar el mayor provecho posible de los elementos comunes y así reducir el tiempo, esfuerzo y complejidad de construir y mantener los productos de software. La diferencia principal entre LPS y FS es que este último enfoque de desarrollo se basa en la incorporación de un *Esquema* y una *Plantilla* para establecer los activos de Software, dicha *Plantilla* depende del dominio y se instancia para obtener los productos concretos. De forma más detallada lo anterior significa que la *plantilla* posee las configuraciones validas probadas para la construcción de un miembro específico perteneciente a una familia lo cual facilita el desarrollo. El alcance de las FS es mucho mayor cuando se utiliza con la Ingeniería de Modelos (IM) también conocida como Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (DSDM) que es un enfoque clave porque utiliza modelos en varios de los pasos del ciclo de vida de desarrollo de software: modelos de requisitos, modelos de análisis y diseño, y modelos de código,

lo que facilita la comprensión para el desarrollo de software. Estos modelos también se consideran activos y son reutilizables para cualquier otro dominio con características similares.

Uno de los elementos más relevantes en el desarrollo de software bajo el enfoque de FS es el *Esquema*, que define los puntos de vistas que son necesarios para la construcción de un tipo de producto de software o miembro perteneciente a una Familia de Sistemas de Software. Estos definen cómo construir y utilizar una vista; la información que debe aparecer en ella; y estas a su vez se definen como una instancia de ellos que describen ciertos aspectos de un SS, tales como la arquitectura del negocio, de los datos, de la aplicación y el de tecnología entre otros, es decir, a diferencia de las LPS viene a representar un contenedor de las configuraciones validas para los productos específicos. En detalle, una vista es una representación de todo el sistema de software desde una determinada perspectiva establecida por los involucrados en el desarrollo de la Familia de Sistemas de Software[3]. Cada uno de estos puntos de vista son el inicio para identificar el Núcleo (*del Inglés Core*) de artefactos que permitirá el camino más eficiente para producirlos porque contiene los mecanismos para expresar las vistas, en otras palabras referenciándolos su despliegue depende de los componentes estructurales proporcionados por las vistas en el *Esquema* que posteriormente se implementan en la *Plantilla*, que no es más que la colección de todos los activos definidos en el.

El *Esquema* contiene los requisitos comunes que poseen los distintos productos de la Familia de Sistemas de Software y estos se establecen desde las etapas tempranas del desarrollo específicamente en el Análisis del Dominio (AD) de Ingeniería del Dominio (ID), en la LPS contemplada en la FS. Es importante destacar que el desarrollo de las LPS generalmente, sigue dos procesos esenciales, Ingeniería de Dominio e Ingeniería de Aplicación (IA)[2]. En el primero, se construyen los activos centrales o fundamentales, entendiéndose por activos (*del inglés assets*) los componentes o productos de software diseñados para ser utilizados en el desarrollo de diferentes sistemas o aplicaciones; es decir, todos los artefactos que se generen del proceso de desarrollo de software.

En IA, se deriva cada producto específico a partir de los activos creados. La ID captura información y representa el conocimiento sobre un dominio determinado, con la finalidad de crear activos de software reutilizables en el desarrollo de cualquier nuevo producto de software se compone como toda disciplina de las siguientes fases: análisis del dominio, diseño e implementación[2]. La etapa de análisis es "el proceso donde la información utilizada en el desarrollo del sistema de software es identificada, capturada, y organizada para que resulte reutilizable (para crear activos) en la construcción de nuevos productos»[2]. En esta investigación se sigue sólo lo correspondiente al proceso de ID específicamente para la fase o etapa de AD.

Por otra parte, es importante destacar que existen diferentes enfoques para definir y documentar las arquitecturas de software, sin embargo, todos esos enfoques pueden ser clasificados usando dos dimensiones ortogonales: dirección y énfasis; estas alternativas de dirección son top-down y bottom-up y las alternativas de énfasis son: infraestructura y aplicación. La dirección top-down (también en la literatura conocida como descendente o proactiva): está basada en los requisitos de la arquitectura, se define a partir del conocimiento del dominio para obtener la infraestructura común requerida para una familia de SS, a través de las iteraciones de refinación de procesos[4]. El enfoque top down se enmarca desde la ID ya que hace énfasis primero en la infraestructura común y se puede realizar como un desarrollo de forma incremental, que es lo considerado en esta investigación. Además, el hecho de tomar en cuenta requisitos globales del dominio en la VCD para el enfoque es de mayor relevancia para la construcción de una AR más Flexible y realista lo cual se traduce en una ventaja positiva para la utilización de este método.

El *Esquema* presenta la estructura de una FS. Además, desarrolla la Arquitectura de la Línea de Productos (ALPS) que es una arquitectura genérica instanciable, también denominada Arquitectura del Dominio o Arquitectura de la Familia Sistemas de Software, para esta investigación considerando la terminología que se establece en el enfoque se concuerda denominarla ALPS, esto basado en el modelo que describe todos los elementos de las FS, por lo cual puede apoyar la construcción

arquitectural no sólo de un sistema, sino de muchos, tiene que ser coherente, modular y extensible para toda la Familia; mientras que la Arquitectura de Referencia (AR) es una plantilla o esqueleto genérico para derivar productos concretos de una Familia de Sistemas de Software; y en las FS se define como una instancia de la ALPS, es decir, se considera que esta proporciona un mayor nivel de detalle respecto a los elementos orientados al producto específico para su desarrollo. Se puede contrastar esta definición señalando la ALPS como meta modelo que deriva a la AR que sería el modelo.

Al mismo tiempo, en el *Esquema* es donde se incorpora la Vista de Calidad del Dominio (VCD)[5], y se realiza la selección del estilo arquitectónico para construir las Arquitecturas Candidatas (AC) de la ALPS. La AC es la arquitectura inicial de alto nivel donde se describen los elementos importantes de la Familia de Sistemas de Software, que será objeto de numerosos cambios durante el desarrollo. Otro punto a considerar, son los requisitos comunes que se generan desde el modelo de negocios y que también incluye a los requisitos variables para todos los productos de software y se desarrollan a partir de la ALPS (ver Fig.1).

En lo que respecta al Núcleo Central de los Activos de software contenido en el *Esquema* se encuentra constituido por los activos funcionales y los no funcionales. Los activos funcionales son aquellos principales percibidos de manera explícita por los involucrados en el desarrollo de software y los no funcionales son aquellos que implícitamente están asociados a los funcionales[6], estos por ende comprenden el dominio de los Productos de Software y contienen los Requisitos de Calidad (RC), que son componentes presentes en el software sujeto a ser medido que están asociados a los Requisitos No funcionales (RNF); y se consideran los que son relevantes para la AR[7], que se debe generar a través de la asociación los puntos de vistas, y las vistas desde los intereses de los involucrados en el desarrollo de software con la correspondiente representación y documentación para integrar las FS con la VCD[1], y así establecer las garantías de que los Productos de Software de la familia a construir con este enfoque cubran los aspectos relativos a los estándares de calidad que para

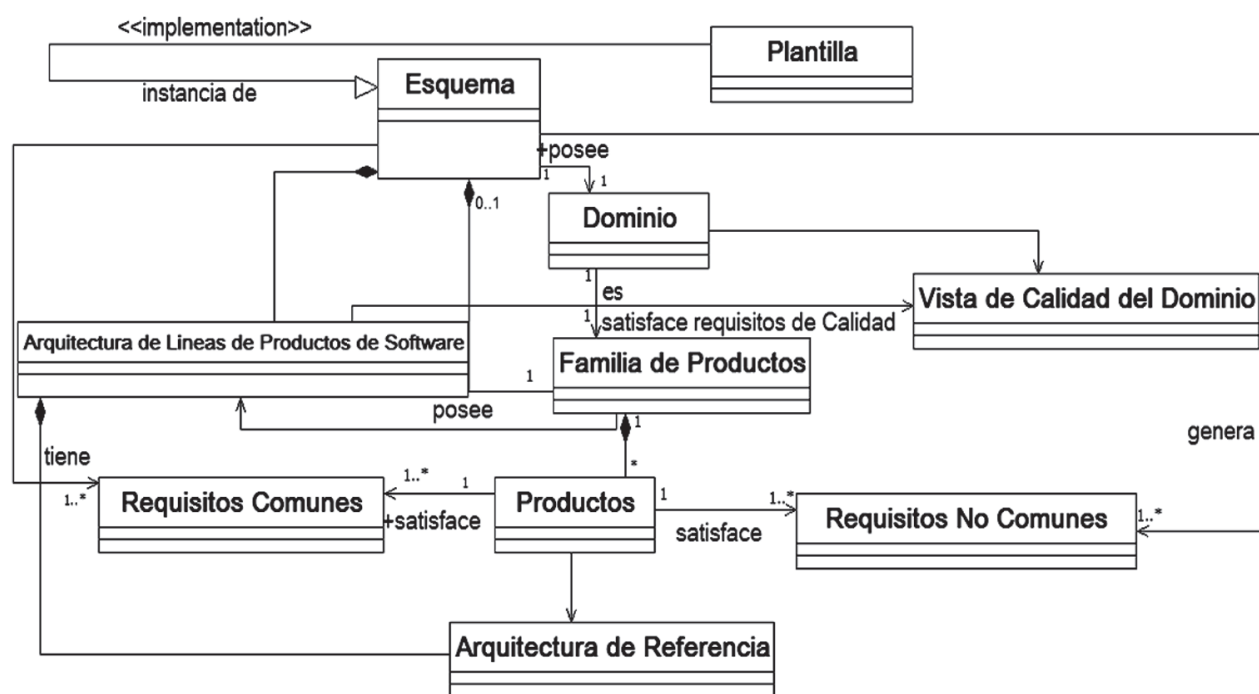


Fig. 1. Modelo FS asociado a VCD[1]

este trabajo es el ISO/IEC 25010[6] (ver Fig. 2), los aspectos relativos a dicha integración se profundizan y se incorporan otras actividades en esta investigación.

De acuerdo a lo explicado previamente tomando como base esta concepción del *Esquema* con VCD, y considerando que las FS están soportadas por la IM, surge abordar en este trabajo la premisa de cómo se pueden realizar transformaciones de modelos a partir de estos enfoques, para obtener la AR que será posteriormente implantada en la Plantilla de la FS y que servirá para crear un producto específico desde el AD en el marco del proceso de ID.

La IM ofrece y está estrechamente ligada a los Lenguajes Específicos de Dominio (*DSLs por sus siglas en inglés*), y los modelos han sido usados para documentar las arquitecturas de los *sistemas o productos de software* y sus estructuras por mucho tiempo. En general, las FS utilizan los conceptos fundamentales de la IM, como son: la abstracción y la reutilización de los modelos que para el enfoque de FS representan activos de software[8]; no hay cambios importantes porque estos conceptos están relacionados con la terminología básica utili-

zada por el estándar MDA (*del inglés Model Driven Architecture*) de la OMG (*Object Management Group*), que es equivalente al enfoque general del DSDM o de la IM. Es así como en[8] señalan que MDA establece tres niveles de abstracción sobre los que se diseña e implementa un sistema de software: *Computational Independent Model (CIM)*, *Platform Independent Model (PIM)* y *Platform Specific Model (PSM)*.

Cabe destacar en referencia a MDA que los perfiles UML (*del inglés Unified Modeling Language*) son usados ampliamente para crear esos modelos, un perfil de UML representa una extensión de un subconjunto de UML orientada a un dominio particular, utilizando los conceptos que incorpora el mecanismo de extensión de UML: estereotipos, restricciones y valores etiquetados. Como resultado se tiene una variante de UML para un propósito específico. En la actualidad existen innumerables perfiles adoptados por la OMG para diversas plataformas.

En lo que respecta a las transformaciones entre modelos que destaca MDA, son procesos que convierten los modelos de un sistema a otro modelo



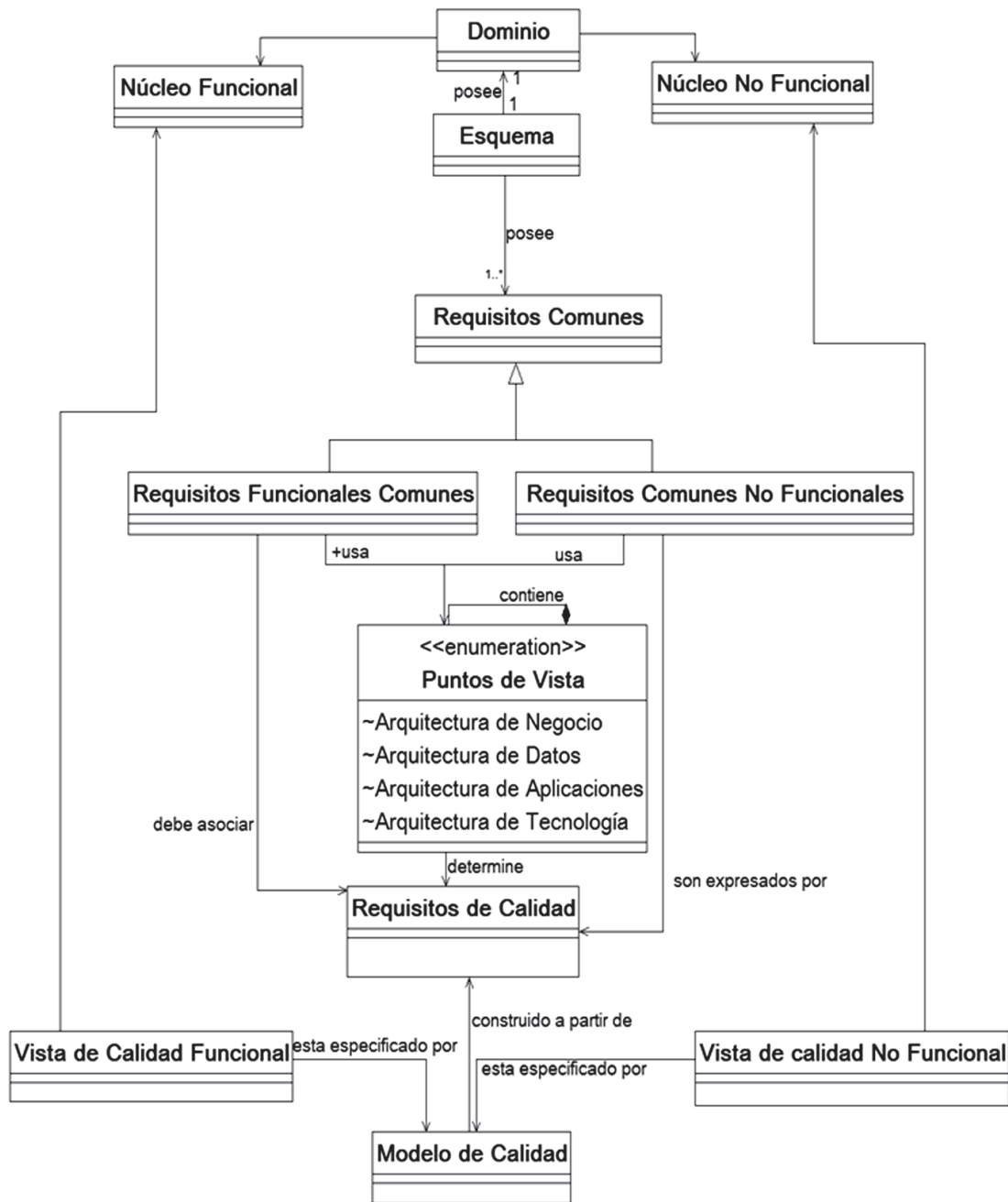


Fig. 2. Modelo de Activos Funcionales y No Funcionales de VCD para Esquema de FS[1]

del mismo sistema. Esto se realiza a través del establecimiento de un conjunto de reglas que describen cómo un modelo expresado en un lenguaje origen puede ser transformado en un modelo en un lenguaje destino. Así pues, para definir las transformaciones entre modelos es necesario:

- Seleccionar el tipo de transformación y el nivel de abstracción que requiere para el EFS incluyendo su VCD asociada.

- Identificar el lenguaje de definición de transformaciones más adecuado a utilizar.
- Seleccionar la herramienta MDA que permita implementar los modelos y las transformaciones de forma automática.

En MDA el proceso de desarrollo de software es de transformación iterativa e incremental, lo que se aplica también a las FS, donde cada paso

transforma un CIM en PIM del sistema considerado, a otro nivel en un PSM del nivel siguiente. Esto se realiza hasta que se alcanza la implementación final del sistema, con la peculiaridad de que cada PSM que es resultado de una transformación puede convertirse en el PIM para la transformación siguiente, es decir, se convierte en el modelo inicial para realizar la nueva transformación, con respecto a otra plataforma o nivel de abstracción.

Tanto los enfoques FS como IM ofrecen ventajas y desventajas para el desarrollo de software según lo evidenciado en estudios realizados en[9]. Sin embargo, mientras que la IM se centra principalmente en el modelado, en contraste, el enfoque de FS, concreta la definición de productos de software basados en Familias de Sistemas de Software, definiendo puntos de vistas desde los cuales los miembros de una familia de productos son modelados[9]. La IM favorece ampliamente la reutilización, ya que los modelos se pueden reutilizar una vez definidos; éstos, así como las transformaciones entre ellos, pueden también ser considerados como activos de software dentro del proceso de desarrollo con FS.

El objetivo principal de este trabajo es presentar el enfoque FS con VCD en el contexto de la IM, especificando su modelo y también el proceso IMFS&VCD, para realizar las transformaciones del *Esquema* con VCD y así lograr la obtención de la AR en el contexto del AD de la ID.

Además de esta introducción, este trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma: en la sección II se describen los elementos generales de las FS (*Esquema* y *Plantilla*), se contextualiza el *Esquema* en la etapa de AD de la ID y se describe el enfoque de FS con VCD. La sección III, aborda las transformaciones de modelos para el *Esquema*, se analizan los tipos y niveles de abstracción para las transformaciones, se presenta el modelo de FS con VCD que incorpora las transformaciones. En la sección IV, se presenta el proceso que se propone IMFS&VCD, detallando las actividades, artefactos de entradas y salidas, y las herramientas de soporte que lo sustentan. Por último, en la sección V se presentan las conclusiones y perspectivas futuras derivadas de la presente investigación.

## II. FÁBRICAS DE SOFTWARE, VISTA DE CALIDAD DEL DOMINIO E INGENIERÍA DE MODELOS

Las FS, promueve un enfoque de desarrollo basado en las LPS que fomenta la reutilización de activos de software, específicamente su modelo de procesos contempla de acuerdo a[10], tres ideas claves: un *Esquema*, una *Plantilla* y un *entorno de desarrollo extensible*.

El *Esquema*: es un modelo interpretado por seres humanos y herramientas que describen los productos de trabajo y flujos utilizados para obtener los activos para la promulgación de estos, de una familia específica de SS en un dominio dado. La *Plantilla* representa la instanciación o implementación del *Esquema*; básicamente, es la colección de todos los activos definidos por los *puntos de vistas* que lo conforman. Entendiendo por *puntos de vistas* el abordaje de las incumbencias, preocupaciones o intereses de los diferentes participantes (*del inglés stakeholders*) involucrados en el desarrollo, la descripción de diferentes aspectos de la arquitectura y el diseño de una línea de productos; además, proporcionan una separación de intereses y están organizados jerárquicamente; constituyen activos que pueden dividirse en varias categorías. El *entorno de desarrollo extensible*: se encuentra representado por un conjunto de componentes, herramientas y procesos específicos para crear un producto de software. Es decir, proporciona los elementos para manejar y automatizar fácilmente las tareas de la fase de desarrollo del producto concreto.

En el *Esquema* se desarrolla el proceso de ID de la LPS, y tal como lo indica la definición representa un modelo en el cual se describen los elementos conceptuales presentes para el AD, que posteriormente serán implementados en la *Plantilla* para obtener productos de software específicos. Como ya se ha analizado, el *Esquema* está organizado en base a los puntos de vistas cada uno de ellos describe el sistema desde diferentes perspectivas, como por ejemplo, el comportamiento en tiempo de ejecución, estructura lógica y ejecución, estructura de los componentes, o la distribución física en los nodos de la red, cada punto de vista describe algunos aspectos de un sistema y cómo se abordan las inquietudes de los interesados o involucrados. A partir de la definición de estos elementos del

*Esquema* se incorporó la VCD como un punto de vista que debe aplicarse para cada vista definida por los involucrados para garantizar que los productos de software que se obtengan en la FS contemplen los RC.

La VCD permite la trazabilidad de los Requisitos Funcionales (RF) con los RNF también conocidos como RC y está representada por un modelo de calidad del dominio construido utilizando escenarios de calidad, considerando no sólo los RNF sino también los RF, ya que contribuye a identificar características de variabilidad. Este enfoque realiza una clara distinción entre los RF y los RNF lo cual facilita la construcción de la ALPS, de una FS, tal como se puede observar en la Fig 3. Tomada de[1].

En la figura anterior la VCD representa un punto de vista más, que debe ser considerado primordialmente para justificar y respaldar que la producción de software en las FS contemple los aspectos relativos a la calidad, esto permite reforzar que el enfoque estudiado es el único en la creación de una metodología para una Familia de Sistemas de Software con una arquitectura específica en un dominio particular de la industria. El *Esquema* con la VCD en sí mismos representan un modelo derivado donde se garantiza que el conocimiento del dominio capturado en el *Esquema* puede estar disponible para transformaciones de

|   |                             |  |  |                                 |
|---|-----------------------------|--|--|---------------------------------|
| <b>Involucrados</b>                           | Usuarios/<br>Planificadores | Diseñadores/<br>Administradores<br>de BD | Ingenieros<br>de Sistemas<br>de Software | Operadores y<br>Administradores |
| <b>Puntos de vista</b>                        | Arquitectura<br>del negocio | Arquitectura<br>de datos                 | Arquitectura<br>de aplicaciones          | Arquitectura<br>de tecnologías  |
| <b>(Preocupaciones)</b>                       |                             |  |  |                                 |
| <b>Representación<br/>y documentación</b>     | <b>Artefactos</b>           |  |  |                                 |
| <b>Vista de calidad del<br/>dominio (VCD)</b> | <b>RNF</b>                  |  |  |                                 |

Fig.3. Asociación del EFS con la VCD[1].

modelos bajo la IM, y otros procesos, que se establecen en este trabajo.

La IM[9] hace frente a la creciente complejidad del software, sin embargo se deben introducir mayores niveles de abstracción durante el proceso de desarrollo, las tecnologías de IM combinan abstracciones específicas de dominio (descritas mediante metamodelos que expresan la ontología del dominio) que permiten definir la estructura de la aplicación, su comportamiento, requisitos para dominios particulares, motores de transformación y generadores que procesan determinados aspectos de los modelos para sintetizar varios tipos de artefactos[11].

Un metamodelo es una especificación para la cual el sistema estudiado se representa a través de un cierto lenguaje de modelado[12]. Éste a su vez, está conformado por un conjunto de posibles modelos que conforman el respectivo metamodelo, incluyendo la sintaxis abstracta, representada por una o más sintaxis concretas y que satisfacen una semántica dada. Además, lo pragmático de los lenguajes de modelado es que dan soporte y guían el desarrollo, así se presenta la relación entre metamodelos y modelos tal como se indica en la figura 4 (ver Fig.4).

Cabe destacar que si bien es cierto que las FS se consideran un enfoque de desarrollo dirigido por modelos propuesto por Microsoft, no contrapone la propuesta de IM llevada a cabo a través de las

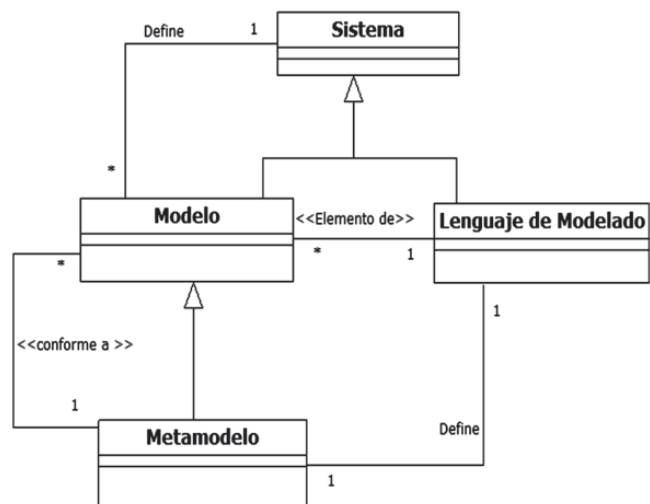


Fig. 4. Relación entre Metamodelo y Modelo[9]

otras corrientes, como por ejemplo MDA de la OMG, de hecho estas se pueden complementar y es lo que se aborda en la investigación, que las FS trasciendan de manera general independientemente del origen y sean promovidas en la comunidad de tecnologías libres.

Sin embargo, se debe analizar y especificar el nivel de abstracción más adecuado y para ello se toman en cuenta las siguientes consideraciones[12]:

- Para las FS no se establece claramente el nivel de abstracción.
- Tampoco se definen las disciplinas de Ingeniería de Software que las soportan y que conformarían el modelo de procesos detallado.
- No se establece el tipo de transformación de modelos que pueden abarcar, pero si definen como lenguajes para el modelado los DSLs, y como lenguaje de meta modelado UML, se puede aplicar para cualquier dominio y pueden ser soportadas por diversas herramientas.

### III. LAS TRANSFORMACIONES DE INGENIERÍA DE MODELOS PARA EL ESQUEMA DE FÁBRICAS DE SOFTWARE

El enfoque de IM hace uso de los lenguajes de modelado para especificar los modelos y obtener el nivel de abstracción para el desarrollo de las aplicaciones finales. Un Producto de Software tal y como se define en las FS es un sistema compuesto por integración de plataformas, artefactos derivados de las transformaciones, artefactos elaborados directamente por los desarrolladores y de manera eventual modelos ejecutados en un contexto particular de plataforma de software, tomando en consideración que tanto las aplicaciones de software, artefactos, plataformas y modelos conforman un sistema.

Las transformaciones son procesos para convertir un modelo a otro en un mismo sistema[7], ya que en ellas se establece un conjunto de reglas que solo pueden basarse en la construcción de metamodelos y esta es la principal propuesta del Enfoque de IM. Entonces para definir una transformación se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Las plataformas de software comprenden un conjunto integrado de elementos computacionales que permiten desarrollar tipos de Productos de Software, frecuentemente estos elementos poseen diferentes funcionalidades a través de los distintos mecanismos de reutilización y extensibilidad.
- La generación de artefactos que pueden construirse durante el proceso y el tiempo de desarrollo, mientras que otros pueden realizarse en tiempos de ejecución.
- Dos tipos de transformaciones son consideradas en el enfoque de IM, una es model-to-text transformations (M2T) la cual permite generar o producir artefactos de software usualmente: código fuente, XML y otros archivos de texto. La otra model-to-model transformations (M2M) que permite transformar modelos en otros modelos que abarcan diversos aspectos del dominio para satisfacer las distintas necesidades de los involucrados (del inglés stakeholders) en el desarrollo, cabe destacar que estas transformaciones son especificadas por distintos lenguajes propuestos por diferentes paradigmas de modelado como QVT, Acceleo, ATL3 VIATRA, DSLTrans, entre otros.

En general el desarrollo bajo el enfoque de IM sigue un proceso de abstracción donde se conjugan dos perspectivas con una marcada diferencia:

- (1) Considerando los aspectos relativos al dominio de la aplicación, para este caso será el de la Familia de SS en contexto de desarrollo de las FS.
- (2) Haciendo referencia a los aspectos de interés para los usuarios finales, debido a esto el proceso se enfatiza básicamente en la representación más adecuada de ese Dominio, para poder transformar esa representación en la etapa de implementación con una tecnología y herramientas concretas[12].

Se enfatiza en el proceso de ID, ya que por lo general el dominio de un problema nada tiene que ver con la tecnología final de software a emplear, por ello la IM permite una separación conceptual entre la especificación funcional de los SS y su

implementación, en la que los modelos y las transformaciones pueden desarrollarse de manera independiente, adquiriendo una mayor importancia en todo el proceso de desarrollo de software[13].

Con respecto a los niveles de abstracción se abordan los promovidos por la IM, en el estándar conocido como MDA, ya que ésta se organiza en Modelo Independiente de Computación (por sus siglas en inglés CIM), Modelos Independientes de la Plataforma (por sus siglas en inglés PIM), Modelos Específicos de la Plataforma (por sus siglas en inglés PSM), y las transformaciones que se puedan generar entre estos modelos.

Una forma para facilitar las transformaciones entre modelos es la identificación de elementos en este caso en el Esquema que es donde se desarrollan el Núcleo de Activos del Dominio (Core Assets), que deben transformarse de una manera concreta para una plataforma destino. Se debe contemplar también el Lenguaje de Especificación de Dominio (por sus siglas en inglés DSL) que se debe usar en el contexto que indica el marco conceptual de las FS.

Es por ello por lo que el objetivo primordial de la IM es la creación de un producto de software que forma parte de una Familia de Sistemas de Software, a través de una o más transformaciones, dicho producto puede ser una aplicación completa o cualquier activo de software que pueda ser usado para la construcción de otros productos pertenecientes a la Familia de SS de un dominio estudiado.

A Continuación, se muestra el modelo para definir las transformaciones en el marco del enfoque con VCD, donde se expresa que ALPS, para las FS, como ya se definió anteriormente; está soportada por un DSL, destacando que la ALPS debe ser siempre relativa a una plataforma para la ejecución del sistema (ver Fig. 5).

El conjunto de productos que se crean a partir de la ALPS debe ser totalmente reutilizables para cualquier otro producto de la Familia de Sistemas de Software. Es por ello por lo que la ALPS en el contexto de la FS, debe ser lo suficientemente flexible para que permita la representación de la variabilidad entre los diversos productos que conforman la FSS, por lo cual es considerada la Ar-

quitectura del Dominio en el contexto del desarrollo con el enfoque de FS como se ha analizado previamente.

Entonces, para esta investigación, y de acuerdo a las consideraciones abordadas y analizadas respecto a la IM, el proceso que se propone contempla lo siguiente:

1. Tipo de Transformación: se selecciona el tipo de transformación de acuerdo a lo analizado anteriormente, que para este trabajo es model-to-model (M2M). También llamada transformación horizontal. Permite cambiar la estructura de la información, pero se mantiene en el mismo nivel de abstracción. Se utiliza para la evolución de los modelos donde se puede distinguir entre refinamiento y optimización, esto contribuye al establecimiento de un modelo que garantice el cumplimiento de la calidad en la AR seleccionada de acuerdo a las especificaciones del dominio demandadas para la familia de productos. Las optimizaciones cambian la estructura de la información con el fin de mejorar algunas de las características de un modelo.
2. Reglas de Transformaciones: Una regla de transformación según lo señalado en[15] consta de dos partes: un lado izquierdo y un lado derecho. El lado izquierdo accede al modelo fuente también denominado origen, mientras que el lado derecho se expande en el modelo destino. Para este trabajo se utilizan ambos, con las transformaciones de modelo de los elementos usando patrones en términos gráficos como el de BPMN, y su equivalencia con los elementos de UML, ya que estos se pueden representar usando sintaxis abstracta o concreta del modelo origen o lenguaje del modelo destino, y la sintaxis puede ser textual y /o gráfica.
3. Nivel de Abstracción: Alto (aspectos relativos al dominio). Modelo Independiente de Computación CIM a Modelo Independiente de Plataforma PIM. Este nivel es el que permite caracterizar el dominio del cual se extrae toda la información.
4. Estándar de IM: MDA que implementa el enfoque de modelos con sus especificaciones

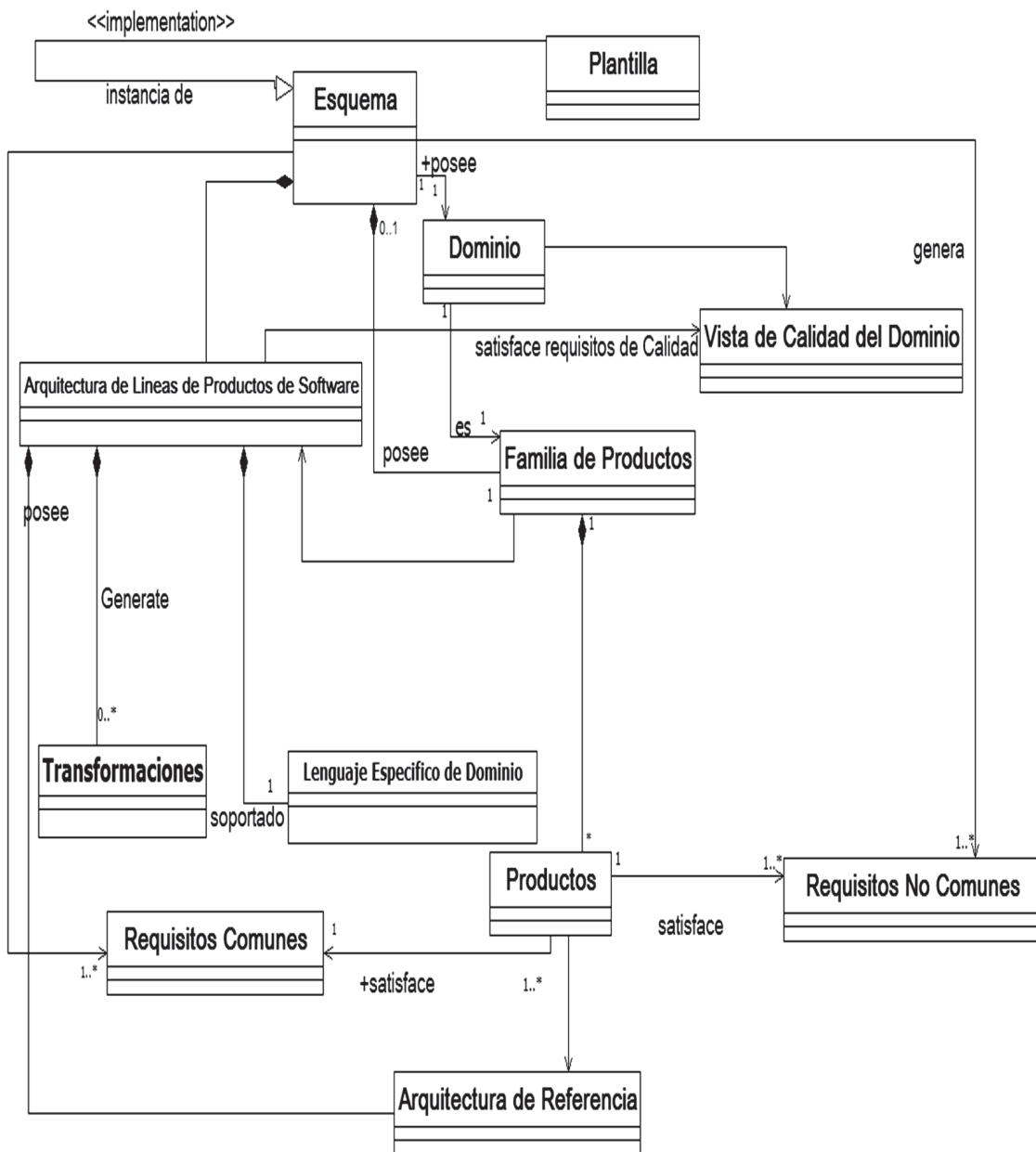


Fig. 5. Modelo de FS con VCD para las Transformaciones.

de Consulta/Vista/Transformación, conocidas como el Lenguaje QVT. Además de ser compatible con UML por ser ambas propuestas de la OMG.

Es importante considerar que el estándar MDA tal como evidencia en[15], acerca de la clasificación de las alternativas de enfoques de IM, donde se señala que permite realizar implementaciones en altos niveles de abstracción y abarca disciplinas de Ingeniería de Software que van desde el análisis

y diseño hasta la implementación, maneja los tres niveles definidos de abstracción PIM-PSM-CIM, también refiere como lenguaje de modelado a UML y perfiles de UML, asocia dos tipos de transformación que se pueden usar para el enfoque M2M y M2T, y como lenguajes para realizar dichas transformaciones QVT, como lenguaje de metamodelado sugiere como alternativas MOF, EMOF, UML. Se puede aplicar para cualquier dominio y de manera general como herramientas que pueden soportar todo el proceso se encuentran:

EMF (del inglés Eclipse Modeling Framework) y para las FS Microsoft Visual Studio.

MDA, también aporta una mejor portabilidad debido a la separación que hace del conocimiento del dominio y la trazabilidad hacia una tecnología de implementación específica, aumenta la productividad, mejora de la calidad debido a la reutilización de los componentes de software o activos y por supuesto mejora consistencia y trazabilidad entre los modelos y el código[16].

Otro aspecto de relevancia que se ha estudiado, por ejemplo, en[16], es a pesar de que el nivel CIM está contemplado en la fundamentación teórica de MDA, este no muestra detalles de las estructuras de los Sistemas de Software, viene a representar el Modelo de Dominio y permite modelar los requisitos de los Sistemas de Software. Por lo cual, resulta de especial utilidad cuando se crea un vocabulario común al Dominio de las aplicaciones. Puede utilizar un lenguaje para modelar procesos de negocios que no tiene que ser precisamente UML, aunque éste pudiera ser perfectamente derivado usando MOF (del inglés MetaObject Facility). El CIM se manifiesta a través de los procesos de negocios y deja establecidas las relaciones entre trabajadores humanos o no, sus interacciones, responsabilidades y roles.

La mayoría de los trabajos orientan sus investigaciones con MDA al caso de las transformaciones del PIM a PSM y de PSM a código, para lo cual existen varias alternativas de herramientas que la realizan. Sin embargo, es indispensable señalar que la definición de CIM y su transformación al PIM ha sido la menos estudiada, debido a la naturaleza de los modelos involucrados en las etapas iniciales de los procesos de desarrollo. Se parte de la idea de que las transformaciones tienden cada vez más hacia una homogenización para la información a plasmar en CIM y/o PIM, como también las transformaciones entre estos modelos. Es por ello el interés de considerar este aspecto en esta investigación.

Para realizar una transformación entre modelos se debe contar con información de los metamodelos que describen las representaciones de cada elemento y definen las restricciones que estos deben cumplir. De esta manera entonces se asume que una transformación es una correlación

entre modelos representados por metamodelos.

También es indispensable señalar que para utilizar el enfoque MDA, se resaltan algunas características que se deben tomar en cuenta para realizar las transformaciones de manera rigurosa, que son: el ajuste de las transformaciones, la trazabilidad, la consistencia incremental y la bidireccional[17].

El ajuste de las transformaciones permite el control sobre el proceso, se definen manualmente los elementos del modelo que va a ser sometidos a las reglas de transformación, para complementar este método, se asignan condiciones a cada regla que contiene la descripción para aplicarla, y éstas se pueden parametrizar para cambiar la transformación. La trazabilidad, define que se pueda conocer los elementos fuentes que se generaron en el elemento destino. La consistencia incremental se utiliza cuando se requiere refinar algún elemento fuente y esto implica la regeneración del elemento destino. La bidireccionalidad, señala que las transformaciones se realicen de acuerdo con una única regla, lo cual contribuye a su operación en ambas direcciones fuente y destino.

En el contexto de este trabajo se abarca el desarrollo de Familias de Sistemas de Software con el enfoque de FS incorporando los aspectos de calidad que garanticen desde el estudio del dominio que los Productos de Software desarrollados sean confiables, se aborda la IM desde el modelo CIM, pues este nivel es el menos explorado en la comunidad académica.

El CIM es primordial para estrechar las diferencias entre los expertos del dominio y los requisitos, por una parte, y los que construyen y diseñan artefactos de software por la otra parte.

#### **IV. PROCESO PARA REALIZAR LAS TRANSFORMACIONES DE INGENIERÍA DE MODELOS PARA EL ESQUEMA DE FÁBRICAS DE SOFTWARE CON VISTA DE CALIDAD DEL DOMINIO IMFs & VCD**

En esta sección se describe detalladamente el proceso IMFS& VCD cada uno de sus pasos y/o actividades para la obtención de la AR, a partir del EFS con VCD y la incorporación de

transformaciones con el enfoque de IM, utilizando lineamientos del estándar MDA.

Considerando lo señalado anteriormente y los estudios analizados en[18], una de las formas de representar el CIM es el Modelo y Notación de Proceso de Negocios (*del inglés BPMN*), y se adopta para modelar el CIM de una Familia de SS. BPMN es ampliamente utilizado en la comunidad empresarial, científica y académica para el modelado de los procesos básicos de negocios lo que abarca su análisis, especificación y diseño.

El CIM no tiene ninguna vinculación con conceptos computacionales dado que posee un nivel de abstracción más alto, para realizar la transformación se adopta la propuesta señalada en[19], donde se describe la correspondencia entre artefactos de un modelo origen CIM hacia un modelo destino PIM. A continuación se presenta cada paso con las actividades, y todos los artefactos de entrada y de salida para el proceso IMFS& VCD:

### Paso 1. Estudio y conocimiento del Dominio:

**Entradas:** Descripción de forma textual y gráfica del problema en el contexto de la Familia de Sistemas de Software, para la elaboración de un modelo de negocios específico del dominio.

**Actividad 1.1.** Se deben especificar los procesos inherentes al negocio siguiendo lineamientos de la Gestión de procesos de Negocios de una organización que comprenden: Descubrimiento, Análisis, Desarrollo, Monitoreo y Optimización[20]. Esto con la finalidad de identificar la información del dominio, para comprenderla, especificando todos los detalles de Requisitos Tecnológicos y estableciendo las Reglas de Negocio (RN), lo que permitirá su análisis, modelado y asociación con RF y RNF.

**Salidas:** Modelo de Negocio, utilizando la Notación de Modelado de Procesos de Negocio BPMN. Este modelo se considera como el modelo origen para iniciar el proceso de transformación utilizando la visión del enfoque de IM. También se obtienen los RF y RNF y las RN del dominio perteneciente a la Familia de Sistemas de Software.

### Paso 2. Descripción para las Transformaciones de Modelos

**Entradas:** Modelo de Negocio especificado en BPMN (Modelo Origen), Reglas de Negocio, RF y RNF del dominio.

**Actividad 2.1.** Identificar las Reglas de Transformaciones (RT) gráficas de BPNM a UML que se utilizan para el subproceso de transformaciones, considerando que ambos lenguajes son de notación gráfica lo cual permite definir de una forma clara las Reglas de Transformación (RT).

**Actividad 2.2.** Describir las RT tomando en consideración las siguientes Premisas para establecer la correspondencia, que se establece entre modelo origen para obtener el modelo destino, para pasar del nivel CIM al PIM, con tipo de transformación M2M:

**P1.** Las RT involucran un artefacto de meta-modelo BPMN y uno o más artefactos del metamodelo UML.

**P2.** Se consideran transformaciones 1 a 1 (elemento simple de BPMN a elemento simple de UML) o transformaciones 1 a N (elemento simple de BPMN a elemento compuesto o conjunto de elementos compuestos de UML).

**P3.** Se utiliza el metamodelo correspondiente a los diagramas de Casos de Uso UML, ya que este representa el modelo de comportamiento, en sincronía con el comportamiento que establecen los diagramas de procesos de negocio en BPMN.

**Actividad 2.3.** Construir tabla contentiva de especificaciones gráficas de los diagramas de procesos de negocio en BPMN hacia los diagramas de casos de uso UML.

**Actividad 2.4.** Construir el Modelo de casos de uso resultante (Modelo Destino) con todos los Diagramas de casos de uso correspondientes a la descripción de dominio de la Familia de Sistemas de Software estudiado, una vez que se hayan aplicado las RT. Esta actividad se debe realizar de la siguiente forma:

Identificar actores y su correspondencia derivada de las transformaciones de Diagrama de Procesos de Negocio (DPN).

Identificar escenarios de Casos de Uso, derivados de los DPN.

Identificar relaciones de actores y casos de uso derivadas de los DPN.

**Salidas:** Modelos de Casos de Uso (Modelo Destino), resultante de la aplicación de las RT.



### **Paso 3. Descripción de RF y RNF para establecer el Modelo VCD de la Familia de Sistemas de Software.**

**Entradas:** Modelo de Casos de Uso (Modelo resultante del paso anterior).

**Actividad 3.1.** Se deben definir los activos funcionales del dominio:

**Actividad 3.2.** Especificar los principales RF comunes del dominio de la familia de Sistemas de Software.

**Actividad 3.3.** Especificar los RNF, Señalando y describiendo detalladamente los RNF que influyen de acuerdo a la familia de sistemas de software estudiada.

**Actividad 3.4.** Documentar los RF y RNF a través del ERS (Especificación de Requisitos de Software), documento para la especificación basado en el estándar IEEE-830-1998.

**Actividad 3.5.** Consolidar los activos funcionales del dominio de la Familia de Sistemas de Software.

**Salidas:** ERS de la Familia de Sistemas de Software.

### **Paso 4. Especificación de Vista de Calidad Funcional del Dominio (VCD).**

**Entradas:** ERS de la Familia de Sistemas de Software.

**Actividad 4.1.** Expresar cada RF del núcleo funcional de activos, en términos de características, subcaracterísticas y atributos de calidad en concordancia con el estándar de ISO/IEC 25010.

**Actividad 4.2.** Elaborar listado de los RC de acuerdo a cada RF del dominio estudiado, esto complementa los activos funcionales del dominio.

**Actividad 4.3.** Especificar el Modelo de Calidad Funcional (MCF) del dominio de la familia.

**Salidas:** Tabla contentiva de los RF, características, subcaracterísticas y atributos de calidad asociados al dominio de la Familia de Sistemas de Software, Listado de RC de acuerdo a cada RF asociado. Modelo de Calidad Funcional del Dominio de la Familia de Sistemas de Software.

### **Paso 5. Descripción de los RNF para definir el Núcleo de Activos No Funcionales**

**Entradas:** ERS de la Familia de sistemas de software

**Actividad 5.1.** Identificar RNF derivados del dominio estudiado.

**Actividad 5.2.** Conformar el Núcleo de Activos No Funcionales del dominio.

**Salidas:** Listado de RNF del núcleo de activos no funcionales.

### **Paso 7. Descripción y Especificación de la Vista de Calidad No Funcional del Dominio**

**Entradas:** Listado de RNF del núcleo de activos no funcionales.

**Actividad 7.1.** Especificar la Vista de Calidad del Dominio No Funcional (VCDNF) de acuerdo a cada RNF del núcleo de activos no funcional.

**Actividad 7.2.** Definir cada RNF en términos de características, subcaracterísticas y atributos de acuerdo al estándar ISO/IEC 25010.

**Actividad 7.3.** Consolidar el Modelo de Calidad No Funcional del Dominio de la Familia de Sistemas de Software.

**Salidas:** Tabla de RNF en términos de características, subcaracterísticas y atributos de calidad del dominio de la familia.

### **Paso 8. Descripción de estilos/soluciones arquitecturales basado en las vistas y puntos de vistas del Esquema**

### **Paso 6. Descripción y Especificación de VCD del Esquema de la Familia de Sistemas de Software**

**Entradas:** Tabla de RNF en términos de características, subcaracterísticas y atributos de calidad del dominio de la familia.

**Actividad 6.1.** Utilizando el estándar para la descripción arquitectural y desarrollo de vistas y puntos de vistas IEEE-1471-2000, se seleccionan las vistas y puntos de vistas en el desarrollo de la Familia de Sistemas de Software, estas contienen los estilos/soluciones de acuerdo a

cada perspectiva y a las preocupaciones o incumbencias de los involucrados, para ello se utiliza la tabla de asociación del Esquema de FS con VCD, tal como se describe en la sección II de este trabajo y se ejemplifica en la Fig. 4.

**Actividad 6.2.** De acuerdo a la actividad anterior, se seleccionan los RNF más influyentes de forma directa para la definición de la AR desde la ALPS.

**Actividad 6.3.** Incluir en la tabla de asociación de Esquema de FS con VCD la representación y documentación de cada estilo arquitectónico de acuerdo a las preocupaciones o incumbencias en correspondencia con cada RNF definido.

**Salidas:** Tabla de vistas y puntos de vistas del Esquema con VCD (ver Fig.4).

### Paso 7. Descripción de estilos/soluciones arquitecturales basado en las vistas y puntos de vistas del Esquema

**Entradas:** Tabla de vistas y puntos de vistas del Esquema de FS con VCD.

**Actividad 8.1.** Seleccionar estilos/soluciones arquitecturales de acuerdo a lo obtenido en el paso anterior, Tabla de Asociación del EFS con VCD, representado en la Fig.4, considerando las vistas y puntos de vistas de los involucrados.

**Actividad 8.2.** Expresar los estilos/soluciones arquitecturales de cada vista y punto de vista con sus correspondientes RC, de acuerdo a ISO/IEC 25010.

**Salidas:** Tabla de estilos/soluciones arquitecturales.

### Paso 9. Definir la AC para la Familia de Sistemas de Software

**Entradas:** Tabla de estilos/soluciones arquitecturales.

**Actividad 9.1.** Construir la AC de acuerdo a las combinaciones de estilos/soluciones derivadas del Esquema de FS con VCD, que permita satisfacer las características requeridas presentes, luego del análisis detallado.

**Actividad 9.2.** Se debe evaluar cada estilo/solución planteado. Para esta actividad se debe realizar una matriz para la verificación de la satisfacción de las características del Dominio por cada estilo/solución seleccionado.

Si existiera más de uno que satisfaga el mayor número de características señaladas, se debe acudir a la experticia del arquitecto de software en soluciones ya probadas anteriormente.

**Actividad 9.3.** Se concreta la AC con la combinación de los estilos/soluciones resultado de la matriz de verificación aplicada y se representa a través de un diagrama de componentes de UML.

**Actividad 9.4.** Se construye el Modelo de calidad asociado a la AC, esto se realiza extrayendo los RC que satisfacen la AC de la tabla donde se asocia el EFS con VCD.

**Salidas:** AC, Modelo de Calidad de la Arquitectura del EFS con VCD.

### Paso 10. Construcción del Modelo de Calidad del Dominio completo de la Familia de Sistemas de software

**Entradas:** AC, Modelo de calidad de la arquitectura de la Familia (contiene los RC que satisfacen la AC), Modelo de Calidad de la Arquitectura del EFS con VCD (contiene los RC que satisfacen la AC).

**Actividad 10.1.** Esta actividad consiste en plasmar a través de una tabla las características y subcaracterísticas de calidad asociadas al Núcleo Funcional y No Funcional tanto del modelo de arquitectura de la familia (basado en la AC), como el modelo de calidad de arquitectura del EFS con VCD, es decir, la suma de ambos modelos permite establecer de manera definitiva los RNF globales pertenecientes al dominio de la Familia y que son en su mayoría derivados del Núcleo no Funcional.

**Actividad 10.2.** Se selecciona las características de calidad asociadas al Núcleo Funcional, se debe tomar en cuenta en este tarea que no se dupliquen dichas características, también se deben revisar las sub-características por cada característica del estándar ISO/IEC 25010.

**Actividad 10.3.** Se clasifican y catalogan todas las características de calidad a través de una tabla donde se detallan Requisitos, estilos/soluciones, características y sub-características, asociadas al Núcleo No Funcional que representan los RNF globales del dominio estudiado.

**Salidas:** Modelo de Calidad del Dominio.

## Paso 11. Construcción de la AR de la Familia de Sistemas de Software

**Entradas:** Modelo de Calidad del Dominio, AC.

**Actividad 11.1.** Para definir la AR: se debe tomar en cuenta todos los componentes establecidos en la AC, así como también todas las características resultantes asociadas al dominio de la familia estudiado. Esta actividad va en concordancia con lo extraído y derivado del modelo de calidad del Dominio basado en la VCD y el conocimiento obtenido en los pasos anteriores:

**Actividad 11.1.1.** Se analizan los componentes de la AC y se verifica la satisfacción de los RNF y RF, con las soluciones seleccionadas.

**Actividad 11.1.2.** Se construye una tabla para verificar y contrastar componentes de la AC, los RNF y RF satisfechos.

**Actividad 11.1.3.** Se selecciona el estilo/solución que satisface todos los RC y se genera el diagrama de componentes UML para la AR resultante.

**Salidas:** AR.

Para complementar el proceso descrito en los pasos anteriores, se debe considerar que en cuanto al lenguaje de transformación, se sugiere QVT (del inglés *Query/Views/Transformations*) que es un conjunto estándar de lenguajes para concebir las transformaciones de modelos definido por la OMG, y que se utiliza en el marco del estándar MDA, sus siglas son el acrónimo de transformaciones, vistas y consultas. El planteamiento de QVT, se basa principalmente en la definición de un lenguaje para consultas sobre los modelos MOF, es decir, la búsqueda de un estándar para generar vistas que revelen aspectos específicos de los sistemas modelados y finalmente, la definición de un lenguaje para la descripción de transformaciones de modelos MOF.[23]. ver Fig.6).

## V. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Cabe destacar que en el contexto de las FS, y en el marco del proceso presentado en este trabajo, los DSLs son usados para describir una par-

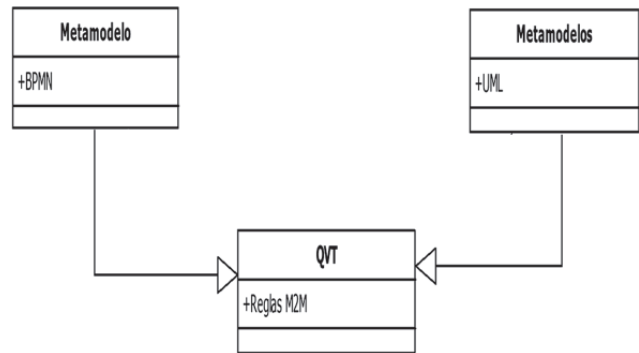


Fig. 6. Implementación con el Lenguaje de Transformaciones QVT para el Proceso IMFS& VCD

te del software en una notación que utiliza conceptos del dominio en diferentes niveles de abstracción, no sólo los conceptos a nivel de código. En este caso BPMN representa el DSL, ya que permite manejar los conceptos que se establecen en el problema del dominio que se desee estudiar, como pueden ser los actores, objetos de negocios y transacciones[22].

Los DSLs, son las herramientas que permiten abstraer la complejidad de cualquier dominio estudiado, y esto lo hace cuando proveen conceptos y reglas expresados directamente de ese dominio del problema. Los conceptos principales suelen tener su representación en la notación de lenguaje (gráfico o textual), otros conceptos se pueden representar mediante conexiones o propiedades[23]. Algunas de las ventajas que ofrecen los DSL se sintetizan a continuación:

- Los DSLs permiten expresar soluciones usando los términos y el nivel de abstracción apropiado para el dominio del problema. En consecuencia, los mismos expertos de dominio pueden comprender, validar, modificar y a menudo desarrollar programas en DSL.
- Es código auto-documentado.
- Los DSLs mejoran la calidad, productividad, confianza, mantenibilidad, portabilidad y reusabilidad de las aplicaciones.
- Los DSLs permiten validaciones a nivel del dominio. Mientras las construcciones del lenguaje estén correctas, cualquier sentencia escrita puede considerarse correcta.

Desde la perspectiva de los desarrolladores, los modelos son las primeras clases de artefactos en el desarrollo de cualquier proyecto, incluyendo los que implican el desarrollo a gran escala para una Familia de Sistemas de Software, y en la actualidad se habla de Modelado Especifico de Dominio (*del inglés DSM*) que representa un enfoque adicional que complementa la visión propuesta por la IM.

En el proceso de IMFS& VCD los DSLs son esenciales para la construcción de modelos, es por ello que se utilizan y son parte importante para aplicar las transformaciones de modelos desde el mismo estudio y conocimiento del dominio[24].

La ID abarca la utilización de estos DSLs, y ejercen también un rol fundamental para la construcción de la fase de AD y para la obtención de una AR altamente extensible que permita cubrir las características comunes y variables que demande el desarrollo de los productos específicos de una FSS y detalladamente en el contexto objeto de este trabajo que es el enfoque de FS, considerando todos los aspectos inherentes a la calidad.

Para este proceso IMFS&VCD se consideraron artefactos que se encuentran enmarcados en el proceso de ID específicamente para la fase de AD, ya que se enfoca el estudio desde el problema de dominio a examinar, bien se ha tratado en diversos trabajos[25]; y en la introducción del presente, que la ID tiene como finalidad construir analizar y catalogar componentes de software que se aplican con el objetivo de reutilizar para crear y su AD identifica los dominios, los delimita y permite encontrar variables concordantes.

Esta información es capturada mediante los modelos que se utilizan en el momento en el cual se crean los artefactos como los componentes reutilizables, si bien es cierto, que existen técnicas ampliamente difundidas para realizar los procesos que involucran los procesos de AD como FORM (*del inglés Feature Oriented Method*), FAST (*del inglés Family-Oriented Specification and Translation*) y COPA (*del inglés Component-Oriented Platform Architecting*), entre otros[26][27][28], que han sido métodos usados para el desarrollo en el contexto industrial de las Familias de Sistemas de Software, pero ninguno trata explícitamente los aspectos de calidad, es decir, no especifican estándares que

garanticen las propiedades de los productos obtenidos, punto que se abarca en el presente trabajo.

El proceso IMFS&VCD que se describe en esta investigación resulta innovador al incluir la VCD basada en el estándar ISO/IEC 25010[6] y al reforzar los avances en la obtención de una AR que ha sido débilmente tratada en el contexto que se estudia de las FS, la mayoría de las técnicas ampliamente difundidas han sido utilizadas para el diseño de arquitecturas de sistemas simples y no para diseñar y obtener las arquitecturas de las Familias de Sistemas de Software como es el objetivo fundamental de las FS.

Aunado a lo anterior es importante señalar que UML, es usada en el modelado de los artefactos ya que proporciona amplias ventajas en el manejo de los aspectos comunes y variables de los activos de software tal como se indica en[2].

También se debe considerar que para MDA la perspectiva de UML es central porque muchas de las herramientas que le dan soporte son basadas en UML y sus perfiles, por ello la OMG ha ido realizando adaptaciones en los últimos años en el contexto de UML 2.0, como lo son el reforzamiento de su infraestructura que internamente define formalmente a UML lo cual es un requisito para el enfoque de la IM, específicamente en lo que se refiere a la transformación de los modelos y la posterior generación de códigos.

Las extensiones, perfiles y estereotipos representan mecanismos que permiten la adaptación del lenguaje a un dominio en particular, a su vez es importante destacar en UML sus perfiles, correspondientes para el modelado en MDA. Algunas de las ventajas que se señalan de la utilización de UML en el contexto de la IM son de acuerdo a[29]:

- La separación de sintaxis concreta y abstracta.
- La extensibilidad.
- La independencia de plataformas.
- La estandarización.

Entonces a través de UML se realiza el metamodelado de los artefactos, que no es más la descripción formal de la posible estructura de los modelos en un nivel de abstracción alto, esto define las construcciones de los lenguajes de modelado y sus relaciones así como las restricciones y las

reglas que se aplican al modelado, entonces el lenguaje de modelado permite definir la sintaxis abstracta y la semántica estática de cualquier lenguaje de modelado.

Importante es considerar que en el metamodelado sólo se obtienen la sintaxis abstracta ya que el aspecto concreto obedece a la implementación de estos metamodelos y modelos, ya en una plataforma determinada, por ello se debe distinguir que en el contexto de la IM y en la disciplina de ID se trabaja bajo la abstracción.[2].

El enfoque de las FS aporta gran variedad de posibilidades respecto al desarrollo cada vez más profundizado de Familias de Sistemas de Software y su utilización en combinación con la IM fomentan la reutilización de activos de software que se derivan en el proceso de la ID y para los cuales es posible garantizar que serán incorporados en la creación de productos de software de calidad, porque se incluye la visión de los estándares de calidad como el propuesto por la ISO/IEC 25010[6] desde etapas tempranas del desarrollo para los Sistemas de Software.

En este trabajo se presentó el proceso IMFS & VCD como una perspectiva para el desarrollo de Familias de Sistemas de Software, basado en el enfoque de FS, donde en el *Esquema* se desarrolla la ID. La IM es incorporada desde una visión de calidad del dominio, para poder obtener la AR en cualquier problema de dominio estudiado en el marco del desarrollo industrial de software y más específicamente para la construcción de los productos de software asociados.

Se presentó el modelo de FS con VCD incluyendo las transformaciones de modelos que son generadas y soportadas desde la ALPS, esto debido a que es en ella donde se desarrollan los activos funcionales y no funcionales de software totalmente reutilizables que constituyen el modelo de calidad, por lo cual se realizó de manera conceptual, ya que esto permitió describir los elementos que conforman el *Esquema* integrado con los elementos de la VCD. Lo cual representa un aporte más de esta investigación a la línea estudiada referida al enfoque de FS.

Otra de las contribuciones que aporta este trabajo entonces, es que IMFS&VCD es un proceso basado en el enfoque top-down para definir ar-

quitecturas, lo cual permite establecer el desarrollo de forma incremental partiendo del estudio y conocimiento del dominio del problema que se va abordar, siguiendo esta premisa es que describe una propuesta paso a paso que va para obtener la AR incluyendo la VCD aplicada al *Esquema* de FS, donde a través del análisis de vistas y puntos de vistas de la descripción arquitectural basada en el estándar IEEE-1471-2000[21], que permite establecer los activos de software para implementar el Esquema, y además todo esto se plantea en el marco de la IM, que aporta los procedimientos de transformaciones necesarias para complementar y refinar los modelos derivados de este, con el fin último de conformar un proceso completo de la fase AD de la ID, en el contexto de las FS. En esta investigación se describen las actividades, tareas/artefactos/entradas/salidas, disciplinas y herramientas para el soporte de todo el proceso IMFS&VCD dentro de la etapa de AD del proceso de ID de la LPS.

IMFS & VCD permite que desde el enfoque top-down, con las ventajas ya señaladas del mismo se logre la obtención de una AR, documentada con actividades basadas en artefactos formales, bien estructurados y se sugiere que sean soportados por diversas herramientas que sustentan todo el proceso, específicamente la utilización de EMF y su Plugin base para UML2 recomendados ampliamente por ser de código de abierto y poseer características y configuraciones para el modelado de FS. De igual modo se toman los basamentos de MDA, para incorporar el proceso de transformaciones de modelos, las cuales se desarrollan en un alto nivel de abstracción y se propone la utilización del lenguaje QVT para describir estas transformaciones que son de tipo M2M.

Como futura investigación en esta línea, se planteará el caso de estudio completo para validar el proceso IMF&VCD propuesto, cuyo dominio de estudio es la FSS de Sistemas Integrados de Salud (SIS) tomando como referencia el caso de la industria venezolana de software que ha sido ya caracterizado en otros trabajos de acuerdo a lo señalado en investigación realizada por[30] que se enfatiza en el manejo de las Historias Clínicas que es el conjunto de documentos con datos, valoraciones e informaciones sobre la situación y evolución clínica de un paciente a lo largo del proceso asistencial y debe ser de carácter confidencial y se debe garan-

tizar la integridad de la información que contiene, entonces para los SIS se convierten en Historias Clínicas Electrónicas (HCE) que son uno de los productos derivados de la familia y es de vital importancia que todos los PS pertenecientes a el dominio de los SIS contemplen el manejo de las HCE ya que no tendría sentido si no se pueden compartir formatos digitales entre diferentes instituciones de salud por ejemplo en el contexto venezolano y con el enfoque de FS.

## REFERENCIAS

- [1] A. Arraiz, F. Losavio, A. Matteo, "Esquema para fábricas de software con un modelo de vista de calidad del dominio," Tercera conferencia nacional de computación, informática y sistemas/CoNCISA /isbn: 978-980-7683-01-02. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, octubre, 2015.
- [2] P. Clements and L. Northrop, *Software Product Lines: Practices and Patterns*, Addison Wesley. 2001.
- [3] The Open Group. *Developing Architecture Views. Introduction*. <http://www.opengroup.org>. 2002.
- [4] J. Herrera, F. Losavio, O. Ordaz, "Product Line Scoping for Healthcare Information Systems Using the ISO/IEC 26550 Reference Model". IV Simposio Científico y Tecnológico en Computación / SCTC 2016 / ISBN: 978-980-12-8407-9 Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 2016.
- [5] F. Losavio and A. Matteo, "Reference Architecture Design Using Domain Quality View", *Journal of Software Engineering & Methodology*, vol. 3, no. 1. 2013.
- [6] ISO/IEC 25010 System/Software Product Quality Standard. Secretariat: Canadá (SCC). 2010
- [7] Th. Stahl and M. Völter, "Model Driven Software Development," *Technology, Engineering, management* Wiley Publishing, Indianapolis, IN 46256. pp. 180-205. 2006.
- [8] P. Amaya, C. González y J.M. Murillo, *Separación de Aspectos en MDA: Una aproximación basada en múltiples vistas*. Quercus Software Engineering Group. Departamento de Informática. Universidad de Extremadura. 2005.
- [9] J. Greenfield y K. Short, "Moving to Software Factories". Microsoft Corporation. 2004.
- [10] A. Arraiz, F. Losavio, A. Matteo, "Revisión sistemática de fábricas de software e ingeniería de modelos considerando requisitos de calidad,". Venezuela (SCTC). 2014.
- [11] M.L. Alvarez, "Desarrollo metodológico de sistemas de control aplicando ingeniería conducida por modelos". Actas de las XXXV Jornadas de Automática, Valencia, ISBN-13: 978-84-697-0589-6. Comité Español de Automática de la IFAC (CEA-2014). 2014.
- [12] A. Da Silva, "Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model." *journal homepage: www.elsevier.com/locate/cl* 2015.
- [13] M. Piattini y J. Garzas, *Fábricas de Software: experiencias, tecnologías y organización*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México. 2007.
- [14] Anliwicz, M., Czarnecki, K. "FeaturePlugin: Feature modeling plug-in for Eclipse". *Proceeding of then OOPSLA*. 2004.
- [15] K. Czarnecki y S. Helsen, "Classification of Model Transformation Approaches," *OOPSLA'03 Workshop on Generative Techniques in the Context of Model-Driven Architecture*. 2003.
- [16] S. Martinez, L. Lamont, R. Moreno y otros, "Análisis de la Transformación de Modelo CIM a PIM en el Marco de Desarrollo de la Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA)," *Revista Politécnica* Vol. 36, No. 1, septiembre 2015.
- [17] C. Ariste, J. Ponisio, L. Nahuel y otros, "Diseñando Transformaciones de Modelos CIM / PIM: desde un enfoque de negocio hacia un enfoque de sistema". ASSE 16º Simposio Argentino de Ingeniería de Software, 2015.
- [18] J. Rodríguez y J. García, "Ingeniería de modelos con MDA. Estudio comparativo del Optimalj y ArcStyler," *Facultad de informática de la universidad de Murcia, España*, 2004.
- [19] 830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. IEEE.SA standards board.
- [20] P. Sánchez, *Desarrollo de software con aspectos dirigido por modelos*. [Documento en línea]. Disponible en: [http://www.dsi.uclm.es/personal/lenanavarro/dsoa/papersCR/Sanchez\\_desarrollo.pdf](http://www.dsi.uclm.es/personal/lenanavarro/dsoa/papersCR/Sanchez_desarrollo.pdf)[Consulta: 2015, marzo 29]. 2005.
- [21] IEEE 1471-2000 IEEE.SA standards board, IEEE Recommended Practice Architectural Description of software intensive Systems 2000.
- [22] M. Danielle, A. Arsaut y otros, "Transformación de modelos aplicada a la definición genérica de Casos de Uso utilizando QVT (Query/View/Transformation) y RTG (Reglas de Transformación de Grafos), Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Departamento de Computación Argentina. 2005.

- [23] C. Naveda, A. Cortez y otros, "Lenguaje Específico de Dominio para Aplicaciones de Negocios," Universidad de Mendoza, Argentina, 2013.
- [24] Object Management Group (OMG). Unified Modeling Language Superstructure, version 2.0 (formal/05-07-04).
- [25] K. Pohl, G. Bockle & F. van Der Linden, "Software product line engineering: foundations, principles and techniques". Springer. 2005.
- [26] L. Chung & S. Supakkul, "Integrating FRs and NFRs: a use case and goal driven approach" 2<sup>nd</sup> ICSE, pp 30-37. 2004.
- [27] A. Van Lamsweerde, "From systems goals to software architecture. Schhol on formal methods, 25-43. 2003.
- [28] M. Matinlasi, "Comparison of software product line architecture design methods: COPA, FAST, FORM, Korba and QADA 26<sup>th</sup> International conference on software engineering pp. 127-136. 2004.
- [29] D.S. Frankel, "Model driven architecture", Wisley publishing Inc. 2003.
- [30] F. Losavio, O. Ordaz and I. Santos, "Proceso de Análisis del Dominio Ágil de Sistemas Integrados de Salud en un Contexto Venezolano". Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, 12 (1), 101-134. 2015.







<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# SOLUCIÓN COMO FUNCIÓN LINEAL APROXIMADA EN UN REDUCIDO INTERVALO DE ECUACIONES DIFERENCIALES DE PRIMER ORDEN CON FUNDAMENTO EN EL PROBLEMA DE CAUCHY

*The solution as a linear function approximation in a reduced interval of first order differential equations based upon the cauchy problem*

CARLOS M. MATA RODRIGUEZ<sup>1</sup>

*Recibido:17 de abril de 2018. Aceptado:28 de mayo de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a46>

## RESUMEN

La aproximación es, como todos sabemos, una forma inexacta que es suficientemente lógica para ser útil. En cálculos tecnológicos, las aproximaciones juegan un papel fundamental en el momento de mostrar los resultados, pues los valores exactos difícilmente se obtienen. En matemáticas la aproximación específicamente se aplica a cálculos numéricos, y en forma más sofisticada a objetos tales como las funciones matemáticas. El ajuste de curvas se encuentra dentro de este análisis como un problema de aproximación; un caso muy co-nocido es el del método de los mínimos cuadrados, en el que se busca una recta que se ajuste perfectamente a una serie de puntos previamente calculados. Y es precisamente sobre funciones matemáticas, especialmente la función lineal, que se utilizará como expresión de cálculo, en este trabajo, para obtener una aproximación lo suficientemente exacta en la solución de ecuaciones diferenciales de la forma  $dy/dx = f(x,y)$  que no pueden ser resueltas mediante los métodos clásicos.

Palabras clave- Ecuaciones Diferenciales, Problema de Cauchy, Funciones Lineales, Matrices, Método de los mínimos cuadrados.

## ABSTRACT

The approximation is, as we all know, an inexact form that it is sufficiently logical to be use-ful. In technological calculations, the approximation plays a fundamental role in the moment of showing the results, because the exact values are difficultly obtained. In mathematics, the approximation is specifically applied to numeric calculations, and, in more sophisticated forms, to such objects like mathematical functions. The adjustment of curves is included in this analysis as a problem of approximation. A very well-known case is the one of the method of the minimum squares, in which is searched a straight line that adjust perfectly to a series of previously calculated points. And it is, in fact, on mathematical functions, especially on the lineal function, that it will be used in this article, as expression of calculation, to obtain an approximate sufficiently exact in the solution of differential equations in the form  $dy/dx = f(x,y)$  that cannot be resolved by the classic methods.

**Keywords-** Differential Equations, Cauchy problem, Linear equations, Matrices, Method of least squares.

---

<sup>1</sup> Profesor Licenciado en Matemáticas. Consultor para la Formación de Personal en Informática. Miembro de la ANIR (Asociación Nacional de Inventores y Racionalizadores). Actualmente Departamento de Matemáticas, Universidad de Ciego de Ávila. Cuba. Correo electrónico: [camaro@unica.cu](mailto:camaro@unica.cu)

## I. INTRODUCCIÓN

TODOS LOS conocedores del tema referente a las ecuaciones diferenciales ordinarias, sabemos que en el proceso de hallar su solución, la misma puede expresarse en forma analítica o mediante una tabla de valores [1]. Ocurre con mucha frecuencia que en problemas de aplicaciones prácticas, la posibilidad de encontrar una solución analítica (esto es la función solución de la ecuación diferencial) puede ser altamente compleja o imposible, por lo que la aplicación de los métodos numéricos resuelve tales situaciones [2] [3].

A pesar de la diversidad de los métodos analíticos, la mayoría de las ecuaciones diferenciales ordinarias no pueden resolverse por esta vía. Recapitulando sobre lo anterior proponemos el siguiente ejemplo: Sea la ecuación diferencial lineal de primer orden:

$$\frac{dy}{dx} + 2xy = 4x$$

Al resolverla obtenemos la solución general de la ecuación:

$$y = 2 + Ce^{-x^2}$$

Si es necesario determinar una solución particular, debemos agregar una condición inicial, con más precisión: un punto cartesiano que conocemos pertenece a la solución, para el ejemplo:  $y(0) = 1$ . Sustituyendo en la solución general los valores de  $x$  e  $y$  correspondientes, llegamos a la solución particular [4]:

$$y = 2 - \frac{1}{e^{x^2}}$$

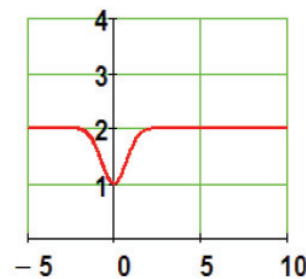
La introducción de las condiciones iniciales, recibe el nombre del Problema de Cauchy y consiste en resolver una ecuación diferencial sujeta a ciertas condiciones. (Valores iniciales).

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = f(x, y) \\ y(x_0) = y_0 \end{cases}$$

El matemático francés Augustin Louis Cauchy (1789-1857), realizó importantes contribuciones en la teoría de las ecuaciones diferenciales [1] [5].



Representemos la gráfica de la solución obtenida.



Es fácil observar que la función solución tiende a  $y = 2$ .

En el ejemplo anterior la ecuación diferencial pudo ser resuelta analíticamente con lo cual se obtuvo una solución particular con base a las condiciones iniciales, la dificultad de obtener esta solución se presenta cuando la ecuación debe ser resuelta por métodos numéricos, por lo que no podemos hallar su solución analítica, es por ello, que pretendemos determinar una función lineal [6] de aproximación en un reducido intervalo que permita calcular con notable precisión los puntos cartesianos contenidos en dicho espacio.

Vamos ahora a proponer la solución de la ecuación diferencial:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\sqrt{x+y}}{\ln(x)}$$

Sujeta a las condiciones:  $y(2) = 3$

La ecuación no puede ser resuelta por métodos analíticos, por lo que calcularemos su solución numérica en forma tabular, aplicando el método de Runge-Kutta 4 [4] al llegar a este punto es nuestro deseo hallar una función lineal (aplicando los mínimos cuadrados [7] [8]) que represente en forma

muy aproximada la solución de la ecuación diferencial, en un determinado intervalo, con este proceder podemos calcular valores de y en la vecindad del punto seleccionado P(2,3).

Todo el procedimiento será calculado en Mathcad [9], siendo el objetivo primordial determinar la función lineal de la forma:

$$y = mx + n$$

También es de mucha utilidad la determinación del coeficiente de correlación lineal, que permitirá establecer la exactitud de los cálculos a realizar [8].

Se ha tomado un intervalo de cálculo [2,2.6] y un incremento de 0.1, que puede ser menor, para lograr mayor exactitud.

Como se podrá observar al final en la gráfica comparativa, existe una notable congruencia entre los puntos que representan la tabulación de los cálculos y la función de aproximación.

## II. DESARROLLO

Ecuación diferencial

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\sqrt{x+y}}{\ln(x)}$$

Condiciones iniciales

$$y(2) = 3$$

Lo anterior constituye el problema de Cauchy.

Intervalo de tabulación:

I [2,2.6]

Incremento o paso:

INC = 0.1

Datos para el cálculo:

$$\begin{aligned} x_0 &= 2 \\ y_0 &= 3 \\ INC &= 0.1 \\ xF &= 2.6 \end{aligned}$$

El programa RK4, transfiere a la MATRIZ definida por Q, la tabulación de los resultados [9].

$$Q = RK4(x_0, y_0, INC, xF)$$

```
(H ← INC)
z ← 1
while x0 ≤ xF + H
  K1 ← H · f(x0, y0)
  K2 ← H · f(x0 + H/2, y0 + K1/2)
  K3 ← H · f(x0 + H/2, y0 + K2/2)
  K4 ← H · f(x0 + H, y0 + K3)
  rz,1 ← x0
  rz,2 ← y0
  y0 ← y0 + (K1 + 2 · K2 + 2 · K3 + K4) / 6
  x0 ← x0 + H
  z ← z + 1
r
```

TABULACION DE LOS RESULTADOS

$$Q = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 2.1 & 3.663 \\ 2.2 & 4.379 \\ 2.3 & 5.151 \\ 2.4 & 5.981 \\ 2.5 & 6.872 \\ 2.6 & 7.827 \end{pmatrix}$$

N= rows (Q) = 7 Número de filas

Con los datos obtenidos utilizando el programa RK4, representamos los puntos de la Matriz Q.



Procedemos a calcular la función lineal representativa en base a la tabulación obtenida.

$$f(x) = mx + n$$

donde  $m$  es la pendiente de la recta y  $n$  el intercepto con el eje  $Y$ [7][8]. En la matriz  $Q$  la columna 1, representa  $x$ , la columna 2 a  $y$ .

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{N}}{(\sum x^2) - \frac{(\sum x)^2}{N}}$$

$$n = \bar{y} - m\bar{x}$$

$$m = \frac{\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j \cdot (q^{(2)})_j] - \frac{\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j] \cdot \sum_{j=1}^N [(q^{(2)})_j]}{N}}{\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j]^2 - \frac{[\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j]]^2}{N}} = 8.035$$

$$n = \frac{\sum_{j=1}^N [(q^{(2)})_j]}{N} - m \cdot \frac{\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j]}{N} = -13.226$$

Cálculo del coeficiente de correlación lineal[8].

$$cc = \frac{\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j \cdot (q^{(2)})_j]}{\sqrt{\sum_{j=1}^N [(q^{(1)})_j]^2 \cdot \sum_{j=1}^N [(q^{(2)})_j]^2}} = 0.978$$

( $cc$  es una medida estadística que cuantifica la dependencia lineal entre dos variables, es decir, si se representan en un diagrama de dispersión los valores que toman dos variables, el coeficiente de correlación lineal señalará lo bien o lo mal que el conjunto de puntos representados se aproxima a una recta). En forma modular:

$$|cc| \leq 1$$

Con los valores de  $m$ ,  $n$  formamos la matriz  $M$ [6].

$$M = \begin{pmatrix} m \\ n \end{pmatrix}$$

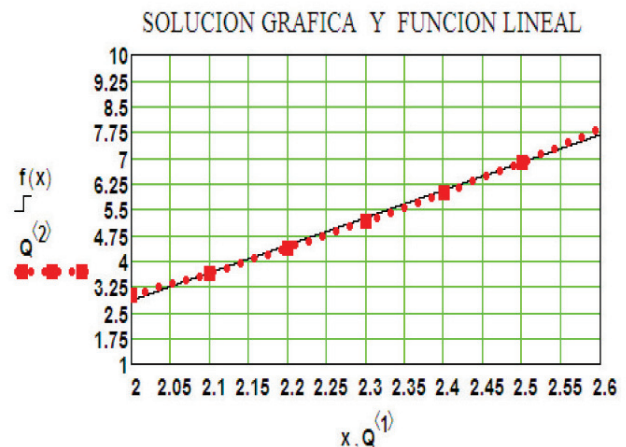
Aplicando sumatoria, llegamos a la función lineal.

$$f(x) = \sum_{i=1}^2 (M_i \cdot x^{2-i})$$

$$f(x) \rightarrow 8.0353x - 13.2141$$

Se debe precisar que la función lineal obtenida, no constituye en modo alguno la función solución de la ecuación diferencial ejemplificada, es solo una aproximación en el intervalo previamente indicado.

Podemos observar como la tabulación de los puntos y el segmento gráfico de la función lineal, presentan notable coincidencia en el intervalo  $[2,2.6]$  tal como era de esperarse teniendo en cuenta el valor del coeficiente de correlación ( $cc = 0.978$ ).



### III. CONCLUSIONES

Si se nos plantea el problema de hallar una solución particular a la ecuación diferencial ordinaria  $dy/dx = f(x,y)$  y que pase por el punto  $(x_0, y_0)$  (Problema de Cauchy), puede suceder que no exista método apropiado para resolver dicha ecuación, en tal situación debemos recurrir a algún medio que nos permita calcular una aproximación de la solución buscada. La aproximación mediante una

función lineal en un reducido intervalo, puede resolver dicha problemática.

Nota: Los cálculos fueron comprobados con MAPLE, utilizando el método de Runge-Kutta-Fehlberg.

### REFERENCIAS

- [1] E. L. Ince, Ordinary differential equations, Longmans-Green, Londres, 1927.
- [2] S. Bugrov, Ecuaciones diferenciales, MIR, Moscú, 1981.
- [3] N. Piskunov, Cálculo Diferencial e Integral, tomo II, MIR, Moscú, 1969.
- [4] Kaplan, Wilfred, Ordinary differential equations, Addison-Wesley Publishing Company, London, 1958.
- [5] Cain, William, A brief course in the calculus, D, Van Nostrand Company, New York, 1905.
- [6] Seymour, Lipschutz, Algebra Lineal, Mc Graw-Hill, New York, 1973.
- [7] Borovk, A, Estadística Matemática, MIR, Moscú, 1988.
- [8] Spiegel, Murray. Stephens, Larry, Estadística, Cuarta edición, Mc Graw-Hill, México, 2008.
- [9] MathCad Guide Mathematical Tools. Numerical Methods.





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# GRAFOS EXPANSORES EN CRIPTOGRAFÍA

## *Expanding graphs in cryptography*

DARÍO ALEJANDRO GARCÍA<sup>1</sup>

*Recibido:17 de abril de 2018. Aceptado:28 de mayo de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a47>

### RESUMEN

¿Cuál es la forma más segura de mantener en secreto un mensaje? La respuesta obvia a esta pregunta es, por supuesto, dar el mensaje única y directamente al destinatario. Pero, ¿qué sucede si es necesario transmitir el mensaje a través de un medio en presencia de terceros? ¿Cómo podemos asegurarnos que el destinatario reciba el mensaje y, al mismo tiempo, prevenir que cualquier otra persona lo descubra?

**Palabras clave:** Criptografía, matemáticas, ciencias de la computación, seguridad.

### ABSTRACT

What is the surest way to keep a message secret? The obvious answer to this question is, of course, to give the message uniquely and directly to the recipient. But, what happens if it is necessary to transmit the message through a medium in the presence of third parties? How can we ensure that the recipient receives the message and, at the same time, prevent anyone else from discovering it?

**Keywords:** Cryptography, mathematics, computer science, security.

## I. INTRODUCCIÓN

LA CRIPTOGRAFÍA es un área de las matemáticas y las ciencias de la computación cuyo objetivo es dar respuestas a las anteriores preguntas, haciendo que la interceptación de mensajes de parte de terceros no sea un problema. Para esto, el mensaje original es transformado a través de un proceso que se conoce como *encriptado*, convirtiéndolo en un mensaje que no guarda ningún tipo de relación con el mensaje original, y así transmitirlo al destinatario. El destinatario por su parte recibe el mensaje encriptado, y a través de un proceso de *desencriptado* podrá saber cuál era el mensaje original. Así, si el mensaje es interceptado por un tercero, o un adversario, este verá únicamente el mensaje encriptado, que no tiene ningún valor si no se conoce la técnica de desencriptado.

Consideremos el siguiente escenario. Supongamos que Tomania<sup>2</sup> y Krakozhia<sup>3</sup> son países limítrofes. Tomania, cansada de la neutralidad de Krakozhia, decide declararle la guerra. Al comando central krakozhiano le gustaría poder transmitir mensajes al frente sin que los tomaneses puedan ver su contenido. Por lo tanto, los krakozhianos encriptan sus mensajes antes de transmitirlos al frente, de tal suerte que, si estos son interceptados, los tomaneses no puedan conocer el contenido de los mensajes sin antes descifrarlos. De esta forma, el ejército krakozhiano puede transmitir planes de ataques, desplazamiento de tropas, y otros movimientos tácticos sin que los tomaneses puedan saberlo con suficiente anticipación para prevenirlos.

Este escenario de guerra ha sido utilizado en varias formas a través de la historia. Uno de los

<sup>1</sup> Matemático de la Universidad Nacional de Colombia, Magíster en Matemáticas y Doctorado en Matemáticas de la Universidad de los Andes. Postdoctorado/Estancia postdoctoral UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1 Mathématiques - Institut Camille Jordan. Postdoctorado/Estancia postdoctoral UNIVERSITY OF LEEDS. Marie Curie Fellowship. Correo electrónico: dagarcia@gmail.com

<sup>2</sup> Nombre tomado de la película *The Great Dictator*, 1940, protagonizada por Charles Chaplin.

<sup>3</sup> Nombre tomado de la película *The Terminal*, 2004, protagonizada por Tom Hanks.

ejemplos más antiguos de encriptado es conocido como el cifrado de César, usado por Julio César para transmitir mensajes a sus generales a los límites del imperio romano. Más recientemente, un proceso de encriptado sistemático fue usado con gran éxito por los alemanes en los primeros años de la segunda guerra mundial, y fue precisamente el descubrimiento de su técnica de descifrado lo que abrió un camino a la victoria por parte de los aliados.

Por cada algoritmo de encriptado, viene alguien que trata de descifrar el código. Si un adversario intercepta los mensajes continuamente, el proceso de encriptado puede romperse si se tiene el tiempo suficiente. El tiempo que toma descifrar un mensaje puede tornarse muy largo, por lo que diseñar ataques más ingeniosos y específicos se vuelve una necesidad. El estudio de cómo romper procesos de encriptado se conoce como *criptoanálisis*, y como el lector puede imaginar existe una tensión constante entre criptoanálisis y criptografía: cuando una nueva técnica de encriptado es desarrollada por un criptógrafo, los criptoanalistas tratan de usar diferentes ataques para romperla. En respuesta a estos ataques, el proceso de encriptado se hace más fuerte, o se inventan nuevos procesos de encriptado, lo que hace que los criptoanalistas traten de crear nuevos y mejores ataques, y el ciclo se repite sucesivamente.

El encriptado de mensajes para propósitos militares todavía es muy importante, pero con el advenimiento de la internet, procesos de encriptados se han convertido en una necesidad esencial para todos aquellos que envían mensajes o realizan transacciones online. Por ejemplo, las personas que revisan sus cuentas bancarias o realizan compras con sus tarjetas de crédito a través de la red se benefician de procesos de encriptado porque esto les permite realizar dichas transacciones sin riesgos de robo o fraude.

En este artículo exploraremos el uso de una clase específica de grafos (conocidos como *grafos expansores*) en técnicas recientes de encriptado.

## II. NOCIONES FUNDAMENTALES DE LA TEORÍA DE GRAFOS

Para introducir el concepto de grafos expansores, es necesario explicar primero algunos con-

ceptos del campo conocido como teoría de grafos. Los primeros pasos en esta área fueron dados por Leonhard Euler con su famosa solución al problema de los puentes de Königsberg, y desde ese entonces esta área de las matemáticas ha crecido y actualmente cuenta con aplicaciones en ciencias de la computación, física, química, e incluso lingüística.

### A. Conceptos básicos

Recordando las definiciones descritas en [2], un *grafo* es un par  $G = (V, E)$  donde  $V$  es un conjunto de vértices y  $E$  es un conjunto de aristas, esto es, una colección de pares de vértices de la forma  $e = \{v_1, v_2\} \subseteq V$ . Dado un vértice  $v \in V$ , el grado de  $v$  ( $\text{deg}v$ ) es el número de aristas en  $E$  que contienen el vértice  $v$ , o equivalentemente, el número de vértices en  $V$  que son adyacentes a  $v$ .

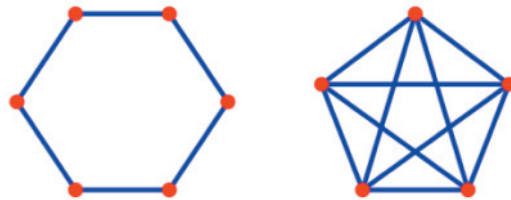


Fig. 1. Ciclo  $C_6$  y grafo completo  $K_5$ .

**Definición 2.1.** Un grafo  $G = (V, E)$  se dice *k-regular* si cada vértice en  $V$  tiene grado  $k$ . Esto es, si cada vértice  $v$  tiene exactamente  $k$  vértices que son adyacentes a  $v$ .

**Ejemplo 2.1.** Por ejemplo, un ciclo como el de la Fig. 1 es 2-regular, mientras que un grafo completo  $K_n$  es  $(n - 1)$ -regular.

El uso de grafos  $k$ -regulares simplifica una relación importante en la teoría de grafos expansores. Adicionalmente, más que trabajar con grafos individuales, trabajaremos con *familias de grafos* que son simplemente colecciones de grafos que comparten ciertas características comunes. En términos de la conectividad de grafos, decimos informalmente que un grafo con muchas aristas es *denso*, mientras que un grafo con una cantidad relativamente pequeña de aristas se conoce como *esparso*.

**Definición 2.3.** Considere una colección de grafos  $\{G_n = (V_n, E_n)\}_{n \in \mathbb{N}}$  donde el tamaño  $|V_n|$  crece a medida que  $n$  tiende a infinito.



1. Decimos que  $\{G_n\}_{n \in \mathbb{N}}$  es una familia de grafos densos si existe una constante  $C > 0$  tal que  $|E_n| \geq C \cdot |V_n|^2$ .
2. Decimos que  $\{G_n\}_{n \in \mathbb{N}}$  es una familia de grafos esparsos si existe una constante  $c > 0$  tal que  $|E_n| \leq c \cdot |V_n|$ .

Note que dado un grafo con  $n$  vértices tiene a lo más  $\binom{n}{2} = \frac{n^2-n}{2} \sim \frac{1}{2}n^2$  aristas. Por otra parte, la familia de grafos cíclicos  $C = \{C_n = (V(C_n), E(C_n)) : n \in \mathbb{N}\}$  y cualquier familia de árboles  $T = \{T_n : n \in \mathbb{N}\}$  son familias de grafos esparsos: tenemos que  $|E(C_n)| = |V(C_n)|$  y  $|E(T_n)| = |V(C_n)| - 1$ , por lo que podemos tomar  $c=1$  en ambos casos.

Otro ejemplo de grafos esparsos viene dado por las familias de grafos  $k$ -regulares:

**Proposición 2.4.** Para todo  $k \in \mathbb{N}$ , cualquier familia  $G = \{G_n : n \in \mathbb{N}\}$  de grafos  $k$ -regulares es una familia de grafos esparsos.

*Demostración.* Si cada grafo  $G_n$  es  $k$ -regular, entonces por el handshaking lemma (cf. Lema 2.3 en [2]) tenemos que  $2|E(G_n)| = \sum_{v \in V} \deg v = k|V|$ , por lo que tomando  $c=k/2$  podemos concluir que  $G$  es una familia de grafos esparsos.

En términos más simples, el número de aristas en un grafo esparso debería ser del orden del número de vértices, mientras que el número de aristas en un grafo denso es del orden del número de vértices al cuadrado.

A continuación introduciremos el concepto de caminatas a través de los diferentes vértices de un grafo.

**Definición 2.5.**

1. Un camino en un grafo es una sucesión  $\langle v_0, v_1, \dots, v_n \rangle$  tal que para todo  $v_{i-1}$  es adyacente a  $v_i$  para todo  $i = 1, 2, \dots, n$ . Decimos que la camino es cerrado si el vértice final es igual al vértice inicial, esto es,  $v_0 = v_n$ .
2. Dados dos vértices  $u, v$ , definimos la distancia entre  $u$  y  $v$  como la mínima longitud de todos los

caminos que van de  $u$  a  $v$ , o  $\infty$  si no existe dicho camino.

3. El diámetro de un grafo  $G$  se define como el máximo de las distancias entre cualesquiera par de vértices  $u, v$  de  $G$ .
4. La cintura (en inglés *girth*) es la longitud del ciclo de menor longitud en el grafo.

Por ejemplo, en los grafos  $C_6$  y  $K_5$  usados anteriormente, y más generalmente para el ciclo  $C_n$  y el grafo completo  $K_n$ , tenemos lo siguiente:

|          | $C_6$ | $K_5$ | $C_n$                       | $K_n$ |
|----------|-------|-------|-----------------------------|-------|
| Diámetro | 3     | 1     | $\lceil \frac{n}{2} \rceil$ | 1     |
| Girth    | 6     | 3     | $n$                         | 3     |

**B. Grafos de Cayley**

Un grafo de Cayley es un grafo que contiene la estructura de un grupo.

**Definición 2.6.** Dado un grupo  $G$  y un subconjunto  $S \subseteq G$ , el grafo de Cayley  $C_{G,S}$  se construye como sigue:

- Conjunto de vértices: por cada elemento  $g \in G$ , añadimos un vértice  $v_g$ .
- Por cada par de vértices  $v_{g_1}, v_{g_2}$ ,  $E$  contiene una arista dirigida  $(v_{g_1}, v_{g_2})$  si y sólo si existe  $s \in S$  tal que  $g_2 = g_1 * s$ .

En este caso, denotamos los elementos de  $S$  como los generadores del grafo  $C_{G,S}$ . [8].

Ciertas propiedades del conjunto  $S$  determinan propiedades del grafo de Cayley  $C_{G,S}$ , como lo enuncia el siguiente resultado.

**Proposición 2.7.**

1. El grafo  $C_{G,S}$  es conexo si y sólo si los elementos de  $S$  generan todo el grupo  $G$ .
2. El grafo  $C_{G,S}$  es  $k$ -regular si y sólo si  $|S| = k$ .
3. El grafo es no dirigido cuando  $S$  es simétrico, esto es, si  $S$  contiene los inversos de sus propios elementos.

Demostración. (1) Supongamos que  $C_{G,S}$  es conexo. Para mostrar que  $S$  genera todo el grupo  $G$ , es necesario mostrar que cada elemento  $g \in G$  puede escribirse como un producto de elementos de  $S$ . Sea  $e$  el elemento neutro de  $G$ , y considere los vértices  $v_g, v_e \in C_{G,S}$ . Como  $C_{G,S}$  es conexo, existe un camino  $x_0 = v_e, x_1 = v_{g_1}, \dots, x_n = v_{g_n} = v_g$ . Por definición, esto significa que existen elementos  $s_1, \dots, s_n \in S$  tales que  $g_{i+1} = g_i * s_{i+1}$  para todo  $i=0, \dots, n-1$ , y así, tenemos que  $g = g_{n-1} * s_n = g_{n-2} * s_{n-1} * s_n = \dots = e * s_1 * \dots * s_n = s_1 * \dots * s_n$ , esto es,  $g$  se puede escribir como producto de elementos de  $S$ .

Supongamos ahora que  $S$  es un conjunto de generadores de  $G$ , y tomemos dos vértices  $v_g, v_h \in C_{G,S}$ . Por hipótesis, existen elementos  $s_1, \dots, s_n \in S$  tales que  $h^{-1} * g = s_1 * s_2 * \dots * s_n$ . Esto es,  $g = h * s_1 * s_2 * \dots * s_n$  y por la definición del grafo de Cayley tendríamos que  $v_h, v_{h*s_1}, v_{h*s_1*s_2}, \dots, v_{h*s_1*s_2*\dots*s_n} = v_g$  es un camino conectando los vértices  $v_g$  y  $v_h$ .

(2) Cada vértice  $v_g \in C_{G,S}$  está conectado con los vértices en  $N(v_g) = \{v_{g*s} : s \in S\}$ . De esta manera,  $\deg(v_g) = |S|$  para todo vértice  $v_g$ . Así, todo grafo de Cayley es  $|S|$ -regular, y en particular  $C_{G,S}$  es  $k$ -regular si y sólo si  $|S| = k$ .

(3) Si  $S$  es un conjunto simétrico y  $(v_g, v_h) \in E(C_{G,S})$ , entonces  $h = g * s$  para algún  $s \in S$ , por lo cual tendríamos  $g^{-1} * h = s \Rightarrow g^{-1} * h * s^{-1} = e \Rightarrow g = (s * h^{-1})^{-1} = h * s^{-1}$ , y dado que  $S$  es simétrico,  $s^{-1} \in S$  y tenemos que  $(v_h, v_g) \in E(C_{G,S})$ . Esto muestra que el grafo  $C_{G,S}$  es no dirigido.

**Proposición 2.8.** Los grafos de Cayley son transitivos, esto es, dados dos vértices  $v_{g_1}, v_{g_2}$  existe un *automorfismo*  $\varphi$  de  $C_{G,S}$  tal que  $\varphi(v_{g_1}) = v_{g_2}$ .

*Demostración.* Dados  $v_{g_1}, v_{g_2}$ , considere el mapa  $\varphi : C_{G,S} \rightarrow C_{G,S}$  dado por  $\varphi(v_x) = v_{g_2 * g_1^{-1} * x}$ . Para mostrar que  $\varphi$  es un automorfismo de grupos, tenemos que probar que  $\varphi$  es una función biyectiva y que preserva aristas y no aristas.

- El mapa  $\varphi$  es una función biyectiva: La función  $\varphi$  es sobreyectiva, ya que para todo  $v_g$ , tenemos que  $\varphi(v_{g_1 * g^{-1} * g}) = v_{g_2 * g^{-1} * (g_1 * g^{-1} * g)} = v_g$ . Para ver que  $\varphi$  es inyectiva, note que  $\varphi(v_x) = \varphi(v_y) \Leftrightarrow g_2 * g_1^{-1} * x = g_2 * g_1^{-1} * y \Leftrightarrow x = y$ .
- El mapa  $\varphi$  preserva aristas y no aristas: Por definición,  $(\varphi(v_x), \varphi(v_y))$  es una arista si y sólo si existe  $s \in S$  tal que  $g_2 * g_1^{-1} * y = g_2 * g_1^{-1} * x * s$ , que es equivalente a  $y = x * s$ .

Para finalizar, note que  $\varphi(v_{g_1}) = v_{g_2 * g_1^{-1} * g_1} = v_{g_2}$ , como queríamos.

Los grafos de Cayley también poseen propiedades interesantes con respecto a su diámetro. En particular, es posible mostrar que para grupos finitos no abelianos el diámetro de su grafo de Cayley es usualmente pequeño. De hecho, esto se sigue directamente de la conjetura de Bábai:

**Conjetura 2.9** (Bábai). Existe una constante  $c > 0$  tal que para cualquier grupo finite simple no abeliano  $G$  y para cualquier subconjunto simétrico  $S \subseteq G$  que genere  $G$ ,

$$\text{diam}(C_{G,S}) < (\log |G|)^c.$$

### III. FUNDAMENTOS EN CRIPTOGRAFÍA

Antes de hablar de grafos expansores, nos concentraremos en introducir la noción de funciones resumen en criptografía. Esto será necesario para nuestra posterior discusión de funciones resumen y grafos expansores. Las funciones resumen son muy importantes en criptografía moderna, formando parte de muchos sistemas criptográficos de autenticación y con aplicaciones en generadores de números pseudoaleatorios, verificación de archivos y contraseñas.

#### A. Funciones resumen

Una *función resumen* es una función que transforma mensajes de tamaño arbitrario en va-

lores resumen que son textos de longitud corta y constante. Usando la codificación usual en sistema binario, podemos denotar una función resumen como una función de la forma:

$$H : \{0,1\}^* \rightarrow \{0,1\}^\lambda.$$

El uso de funciones resumen en criptografía se basa en el siguiente principio: *en casi todo alfabeto, la mayoría de los posibles mensajes no tienen sentido.*

Para explicar esto, podemos usar el idioma español, cuyo alfabeto tiene 27 letras y su diccionario contiene aproximadamente 88.000 palabras<sup>4</sup>, la más larga de las cuales es electroencefalografista con 23 letras. Para homogeneizar, podemos suponer que hay 28 símbolos (incluyendo un nuevo símbolo \*), y asumir que todas las palabras tienen longitud 23. Así, la palabra murciélago se traduciría como murciélago\*\*\*\*\*. Con esta información, tendríamos que hay un total de  $28^{23} \approx 2110$  posibles palabras (secuencias de letras de longitud 23), de las cuales sólo  $88,000 \approx 217$  tienen significado real. En otras palabras, la proporción entre posibles palabras y palabras de verdad es de 2100, que es comparable con el número de granos de arena que hay en el planeta Tierra! Así, una función de resumen para el idioma español podría convertir una secuencia de 110 bits en una de 17 bits, manteniendo una traducción fiel del mensaje.

Muchas veces, especialmente cuando definimos protocolos de seguridad, estaremos interesados no sólo en funciones resumen, sino en familias de funciones resumen  $\{H_n\}_{n \in \mathbb{N}}$  parametrizadas por un *parámetro de seguridad*  $n$ :

$$H_n : \{0, 1\}^* \rightarrow \{0, 1\}^{\lambda(n)}$$

para alguna función  $\lambda(n)$ .

Adicionalmente, puede ser útil definir una familia afinada de funciones resumen:

$$H_n : \{0, 1\}^{\kappa(n)} \times \{0, 1\}^* \rightarrow \{0, 1\}^{\lambda(n)}$$

para funciones dadas  $\kappa(n)$  y  $\lambda(n)$ . Si estamos trabajando con mensajes de longitud fija, la

función de resumen se conoce como una *función resumen de longitud fija*,

$$H_n : \{0, 1\}^{\kappa(n)} \times \{0, 1\}^{\mu(n)} \rightarrow \{0, 1\}^{\lambda(n)}$$

para algunas funciones  $\kappa(n)$ ,  $\mu(n)$ , y  $\lambda(n)$ .

Mientras que las funciones resumen comparten todas las características que mencionamos antes, estas pueden diferir en términos de las funciones usadas y en su construcción. Existen muchas posibles funciones resumen, no todas ellas fáciles de usar: estas pueden variar de fácil de construir pero inútil (como una función constante), o muy útil pero difícil o prácticamente imposibles de construir. Para procedimientos criptográficos, estamos interesados únicamente en funciones resumen que son fáciles de construir y criptográficamente útiles. Esto es, queremos una función resumen para la cual sea fácil de calcular el valor de resumen de un mensaje dado, y aún así ser criptográficamente seguro.

Los requerimientos de seguridad más comunes para funciones de resumen son los siguientes:

- *Resistencia de preimagen:* Para casi todos los valores de salida pre-especificados, es computacionalmente inviable encontrar un valor de entrada cuya función resumen es el valor original, esto es, dado cualquier valor resumen  $h$  es difícil encontrar cualquier preimagen  $m'$  tal que  $H(m') = h$ .
- *Resistencia de preimagen de segundo orden:* Dado un valor input  $y$  y su correspondiente valor de resumen, es computacional inviable encontrar otro input con el mismo valor de resumen. Esto es, dado un input  $m$  es difícil encontrar  $m' \neq m$  tal que  $H(m) = H(m')$ .

<sup>4</sup> 158.000 palabras si incluimos las diferentes variantes en el diccionario de americanismos.

- *Resistencia a colisiones:* Es computacionalmente inviable encontrar dos inputs  $m, m'$  tal que  $H(m) = H(m')$ .

Es claro que resistencia a colisiones implica resistencia de preimagen y resistencia de preimagen de segundo orden.

### B. Seguridad computacional

Una vez definidos los requisitos de un sistema de seguridad, la siguiente tarea es determinar el significado de que un proceso sea algo "computacionalmente inviable". Para dar una idea de este concepto, consideremos las funciones de resumen resistentes a colisiones que describimos a continuación:

- *Algoritmo A1* construye una base de datos de parejas  $(m_i, H(m_i))$ . Hasta que se encuentre una colisión, **A1** escoge un mensaje aleatorio  $m_i$ , calcula  $h_i = H(m_i)$ , chequea la base de datos buscando una ocurrencia previa de  $h_i$  (en cuyo caso se habrá encontrado una colisión). Si  $h_i$  no ha aparecido, añadimos la pareja  $(m_i, h_i)$  a la base de datos. Si se encuentra una colisión, se devuelve los puntos de colisión.
- *Algoritmo A2* escoge dos mensajes aleatorios  $m$  y  $m'$  y devuelve  $(m, m')$  si  $H(m) = H(m')$ , ó devuelve  $\perp$  en otro caso. Esto es,  $\perp$  indica que los dos mensajes no tienen el mismo valor resumen.

El algoritmo **A1** siempre encuentra una colisión después de  $2^\lambda + 1$  cálculos de funciones resumen, y en promedio demorará  $2^{\lambda/2}$  cálculos, mientras que el algoritmo **A2** produce colisiones con probabilidad al menos  $1/2^\lambda$ . Podemos ver entonces que si  $\lambda$  se vuelve lo

suficientemente grande, estos algoritmos se vuelven inviables ya que el algoritmo **A1** requerirá un tiempo muy largo y una cantidad excesiva de memoria, mientras que el algoritmo **A2** tiene una probabilidad de éxito muy baja ó casi insignificante. En la práctica, nos mantenemos en el contexto de criptografía con restricciones, por lo que algoritmos como los anteriores son desechados.

A continuación se presenta dos ejemplos algorítmicos que reflejan los principales enfoques en seguridad computacional, que trataremos de identificar y formalizar:

- *Enfoque concreto:* Un protocolo será  $(\epsilon, t, m)$ -seguro si cualquier algoritmo que use una cantidad de tiempo menor a  $t$  y una cantidad de memoria menor que  $m$  tiene una probabilidad de éxito menor que  $\epsilon$ .
- *Enfoque asintótico:* La familia de funciones resumen  $\{H_n\}$  es segura si cada  $H_n$  es  $(\epsilon(n), t(n), m(n))$ -segura, las funciones  $t(n)$  y  $m(n)$  no crecen muy rápido con respecto a  $n$ , y la función  $\epsilon(n)$  decrece rápido con respecto a  $n$ .

### Definición 3.1.

Un algoritmo  $A$  se dice eficiente ó tiempo polinomial probabilístico or PPT<sup>5</sup> si puede ser solucionado en tiempo polinomial por una máquina de Turing probabilística. En otras palabras, si existe un polinomio  $p$  tal que para cualquier input  $x \in \{0, 1\}^*$ , el cómputo de  $A(x)$  termina en máximo  $p(|x|)$  pasos, donde  $|x|$  denota la longitud del input  $x$ .

Una función  $f$  se dice insignificante si para cualquier polinomio  $p$  existe un natural  $N$  tal que para todo entero  $n \geq N$  se cumple que  $f(n) < 1/p(n)$ .

5 probabilistic polynomial time

Una función  $f$  se dice *notable* si existe un polinomio  $p$  tal que para todo entero suficientemente grande  $n$  se cumple que  $f(n) > 1/p(n)$ .

Es importante notar que un algoritmo PPT no puede ser usado en una maquina con una cantidad de memoria mayor a polinomial, y las nociones de insignificancia y notabilidad no son opuestas: hay funciones que no son ni insignificantes ni notables. Esto nos permite introducir una forma general de seguridad asintótica. Es así como muchos teoremas en criptografía tienen la siguiente forma:

Si la hipótesis computacional  $X$  se cumple, entonces el esquema criptográfico  $Y$  es seguro en el sentido computacional  $Z$ .

Como consecuencia, la pregunta de si el esquema  $Y$  es seguro se reduce a saber si la hipótesis  $X$  es cierta o no. Los siguientes son ejemplos ampliamente usados de hipótesis computacionales en criptografía:

- *Problema de Factorización Entera*: dado un entero grande  $n = p \cdot q$  donde  $p, q$  son primos, es computacionalmente difícil encontrar  $p$  y  $q$ . Dicho algoritmo tendrá al menos  $\sqrt{n}$  multiplicaciones, lo que se vuelve poco práctico para grandes valores de  $n$ .
- *Problema del Logaritmo Discreto*: dado un primo  $p$ , un elemento  $g$  de  $F_p$  de orden primo grande, y un elemento  $g^k \pmod p$  para algún entero  $k$  seleccionado aleatoriamente, es computacionalmente difícil encontrar el valor de  $k$ .
- *Problema de Logaritmo Discreto en Curvas Elípticas*: Dada una curva elíptica  $E$  definida sobre un campo primo  $F_p$ , un punto racional  $P \in E$ , y el punto  $Q = k \cdot P$  para algún entero  $k$  seleccionado

aleatoriamente, es computacionalmente difícil encontrar el valor de  $k$ .

Muchos algoritmos criptográficos basan su seguridad en el hecho de que no existen algoritmos que puedan resolver los problemas anteriores en una cantidad viable de tiempo.

### C. La transformación de Merkle-Damgård

Tradicionalmente, las funciones criptográficas de resumen se construyen con dos componentes principales: se comienza con una función de resumen que comprime mensajes de una longitud fija en mensajes de otra longitud fija mucho más pequeña, y luego se usa una *extensión de dominio* que usa la función de compresión original y una división de bloques para construir funciones de resumen para mensajes arbitrariamente largos.

La transformada de Merkle-Damgård es un ejemplo común de una transformación de extensión de dominio y es utilizada para construir una variedad de familias de funciones resumen. Considere una función de compresión resistente a colisiones  $f$  que tiene como input una clave  $s$  y un mensaje de longitud  $\mu + \lambda$ , y retorna una cadena de bits de tamaño  $\lambda$ . La transformada de Merkle-Damgård de  $f$  tiene como input una clave  $s$  y un mensaje  $m$  de longitud  $m < 2^\lambda$ , retornando una cadena de bits de longitud  $\lambda$ .

Para obtener resistencia a colisiones, usamos un proceso de fortalecimiento en nuestro mensaje  $m$ . Este proceso produce  $N+1$  cadenas de bits  $m_0, \dots, m_N$  de tamaño  $\mu$ , donde  $N = \lfloor L/\mu \rfloor + 1$ . El mensaje  $m$  se descompone primero en  $N$  bloques de  $\mu$  bits consecutivos. Si  $L$  no es múltiplo de  $\mu$ , el último bloque se completa con ceros. Añadimos también un bloque adicional que contiene una representación binaria de  $L$  en  $\lambda$  bits.

Sea  $h_0$  un valor inicial fijo. La transformada de Merkle-Damgård de  $f$  se define como  $H_f(s, m) = h_{N+1}$ , donde  $h_i = f(s, h_{i-1} \parallel m_{i-1})$  y  $\parallel$  denota la

concatenación de  $x$  and  $y$ . La transformada de Merkle-Damgård satisface la siguiente propiedad:

**Teorema 3.2** (Merkle-Damgård). *Si  $(Gen, f)$  es una función de resumen resistente a colisiones de longitud fija, entonces  $(Gen, H)$  es una función de resumen resistente a colisiones.*

*Demostración.* Supongamos que un adversario encuentra  $m, m'$  tales que  $H_f(s, m) = H_f(s, m')$ . Si escribimos  $m_i, m'_i$  para los bloques correspondientes de  $m, m'$ , y  $h_i, h'_i$  para los valores intermedios en el cómputo de  $H_f(s, m)$  y  $H_f(s, m')$ . Entonces existen  $i \leq n+1$  tales que  $h_i = h'_i$  pero  $h'_{i-1} \wedge m'_{i-1} \neq h_{i-1} \wedge m_{i-1}$ . Por lo tanto, el adversario había encontrado una colisión  $(h_{i-1} \wedge m_{i-1}, h'_{i-1} \wedge m'_{i-1})$  en la función de compresión, lo que es inviable ya que  $(Gen, f)$  es una función resistente a colisiones.

La transformada de Merkle-Damgård es una transformada de extensión de dominio que preserva resistencia a colisiones: este proceso convierte funciones resumen de longitud fija resistentes a colisiones en funciones resumen de longitud arbitraria resistentes a colisiones. Sin embargo, es importante notar que este proceso podría no preservar resistencia de preimagen de primer o segundo grado, y para obtener estas propiedades será necesaria cambiar otros aspectos en su construcción.

#### D. Criptoanálisis de funciones resumen

Un ataque a un protocolo criptográfico es una prueba de que el protocolo no satisface las propiedades de seguridad que se pensaban. Los ataques a funciones resumen tienden a contradecir sus propiedades de resistencia a preimágenes o a colisiones. En el contexto asintótico, un ataque teórico contra la resistencia a colisiones de una función resumen es un algoritmo PPT que encuentra colisiones para valores asintóticamente grandes del parámetro de seguridad. En la práctica, sin embargo, muchas funciones están definidas únicamente

en un conjunto pequeño de valores para su parámetro de seguridad.

La viabilidad de un ataque depende en gran medida de los recursos que el atacante está dispuesto a invertir en el ataque, y usualmente se define en términos de la complejidad de tiempo y memoria, a la cual añadimos la longitud de los mensajes resumidos. Para estándares DES del 2014, los ataques que corran en tiempo mayor a  $2^{80}$  se consideran inviables, y ataques con requerimientos de memoria de  $2^{60}$  o  $2^{70}$  bytes se consideran inviables por costos de almacenamiento. Por ejemplo, si un hard-drive de un Terabyte (=  $2^{20}$  bytes) cuesta aproximadamente \$250.000, para obtener  $2^{30}$  bytes en almacenamiento necesitaríamos invertir 250.000 billones de pesos.

Como el codominio de cualquier función de resumen concreta es un conjunto finito, existen ataques genéricos inevitables que pueden ser mitigados únicamente escogiendo valores suficientemente grandes de los parámetros. En la práctica, un ataque de preimagen o un ataque de colisión se considera exitoso si calcula preimágenes o colisiones más rápido que los ataques genéricos. Para funciones de resumen iteradas, tales como las basadas en transformadas de Merkle-Damgård, existen ataques eficientes. A continuación identificaremos diferentes ataques en funciones de resumen iteradas.

#### 1) Ataques genéricos

**Ataques de fuerza bruta.** Dado un valor  $h$  de un mensaje seleccionado aleatoriamente, un adversario puede encontrar una preimagen  $m$  tal que  $H(s, m) = h$  (donde la llave es conocida por el adversario) tratando valores sucesivos  $m = 1, 2, \dots$  hasta encontrar una preimagen. Si el output tiene tamaño  $\lambda$ , entonces se espera que este ataque tenga éxito en tiempo  $2^\lambda$ .

**El ataque de la paradoja del cumpleaños.** Este ataque se basa en la paradoja probabilística que

describe la probabilidad de que dos personas tengan el mismo cumpleaños en un conjunto de  $n$  personas. Sabemos que por el principio del palomar, cuando  $n = 367$  la probabilidad de que dos personas tengan el mismo cumpleaños será del 100 %. Sin embargo, se sabe que cuando  $n = 23$  esta probabilidad es de aproximadamente 50.73 %, y cuando  $n = 57$  la probabilidad es aproximadamente 99.01 %<sup>6</sup>.

De forma similar, si el codominio de una función resumen tiene tamaño  $2^\lambda$ , un adversario puede encontrar colisiones después de  $2^{\lambda/2}$  cómputos de resúmenes de mensajes aleatorios. Si  $N = 2^\lambda$  es el número de posibles resúmenes, la probabilidad de encontrar colisiones después de  $N' = 2^{\lambda/2}$  ensayos aleatorios será de

$$\mathbb{P}[\text{col}] = 1 - \prod_{i=0}^{N'-1} \frac{N-i}{N} = 1 - \prod_{i=0}^{N'-1} \left(1 - \frac{i}{N}\right)$$

Usando la aproximación de Taylor de primer orden  $e^x \approx 1 + x$  obtenemos

$$\mathbb{P}[\text{col}] \approx 1 - e^{-\sum_{i=0}^{N'-1} \frac{i}{N}} \approx 1 - e^{-\frac{(N')^2}{2N}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{e}} \approx 0,39$$

Este tipo de ataque requiere memoria  $2^{\lambda/2}$ . Sin embargo, trasladando el problema de colisión en el problema de detectar ciclos en un mapa iterado, el requerimiento de memoria se vuelve insignificante mientras que el requerimiento de tiempo permanece casi igual. En esta versión modificada del ataque de cumpleaños, en vez de escoger los mensajes aleatoriamente, el adversario los escoge determinísticamente evaluando en un conjunto finito, que eventualmente se repetirá, resultando en ciclos. La principal ventaja de este enfoque es que no hay necesidad de almacenar los valores resúmenes.

## 2) Ataques a funciones resumen iteradas

**Ataque de punto medio.** Si la función de compresión es invertible, las pre-ímagenes

pueden calcularse en tiempo aproximadamente  $2^{\lambda/2}$  extendiendo el ataque del cumpleaños de la siguiente manera: aplique la función de compresión a  $2^{\lambda/2}$  mensajes aleatorios y calcule la inversa a otros  $2^{\lambda/2}$  mensajes aleatorios. Por la paradoja del cumpleaños, existe una probabilidad alta de que el adversario encuentre un valor común “en el medio”. Este ataque también tiene una versión libre de memoria, pero no es viable si la función de compresión es resistente a preimágenes.

**Ataque de punto fijo.** Este ataque busca un valor intermedio  $h_{i-1}$  en un bloque de mensaje  $m_i$  tal que  $f(s, h_{i-1} \hat{\wedge} m_i) = h_i$ . El ataque permite insertar cualquier número de bloques  $m_i$  sin cambiar el valor de resumen. En una construcción Merkle-Damgård, este ataque se vuelve muy práctico si el valor inicial puede ser seleccionado por el adversario.

**Ataque de colisión múltiple.** El ataque de la paradoja de cumpleaños permite encontrar una colisión a una función de compresión en tiempo  $2^{\lambda/2}$ . Repitiendo una búsqueda de colisión  $\lambda/2$  veces, un adversario puede encontrar bloques de mensajes

$$m_1, m'_1, m_2, m'_2, \dots, m_{\frac{\lambda}{2}-1}, m'_{\frac{\lambda}{2}-1}, m_{\frac{\lambda}{2}}$$

Tales que

$$\begin{aligned} h_1 &:= f(s, h_0 \hat{\wedge} m_1) = f(s, h_0 \hat{\wedge} m'_1), \\ h_2 &:= f(s, h_1 \hat{\wedge} m_2) = f(s, h_1 \hat{\wedge} m'_2), \\ &\vdots \\ h_{\frac{\lambda}{2}-1} &:= f(s, h_{\frac{\lambda}{2}-1} \hat{\wedge} m_{\frac{\lambda}{2}}) = f(s, h_{\frac{\lambda}{2}-1} \hat{\wedge} m'_{\frac{\lambda}{2}}) \end{aligned}$$

Estos bloques de mensajes pueden combinarse en  $2^{\lambda/2}$  mensajes de  $\lambda/2$  bloques que tienen el mismo valor de resumen. Encontrar estas colisiones múltiples requiere únicamente un tiempo de  $\lambda/2 \cdot 2^{\lambda/2}$  mientras que en una función ideal se requerirá un tiempo de  $2^\lambda \cdot 2^{(\lambda/2-1)/2} \approx 2^\lambda$ .

Esta observación puede ser usado para mejorar el ataque de paradoja de cumpleaños a una clase de funciones de resumen. Supongamos que  $G$  y

<sup>6</sup> Un argumento similar explica por qué es casi imposible terminar una colección sin recurrir al intercambio con otros coleccionistas.

$H$  son dos funciones de resumen con resistencia a colisiones ideal (esto es, se espera que el mejor ataque tenga un tiempo estimado de  $2^{N/2}$ ). En este caso, la función  $F(s, m) := G(s, m) \wedge H(s, m)$  tendría una resistencia a colisiones ideal (el mejor ataque tiene un tiempo estimado de  $2^N$ ). Sin embargo, si  $G$  es una función de resumen iterada, un adversario puede construir  $2^{N/2}$  colisiones para  $G$  en tiempo  $\lambda/2 \cdot 2^{N/2}$ . Por la paradoja del cumpleaños, es probable que estos  $2^{N/2}$  mensajes nos den una colisión para  $H$ , y por lo tanto también para  $F$ .

## REFERENCIAS

- [1] Béla Bollobás. Random graphs. Cambridge Studies in Advance Mathematics. Cambridge University Press, 1985.
- [2] Darío García. Grafos aleatorios y sus aplicaciones. Corporación Universitaria Republicana. 2016.
- [3] Shlomo Hoory, Nathan Linial, and Avi Wigderson. Expander graphs and their applications. Bulletin of the American Mathematical Society 43, no. 4, 439-561. 2006.
- [4] Emanuel Kowalski. An introduction to expander graphs. ETH Zürich. Noviembre 2017
- [5] Alexander Lubotzky, Ralph Phillips, Peter Sarnak. Ramanujan graphs. Combinatorica 8, No. 3, 261-277. 1988





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# DESARROLLO DEL MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y CONVIVENCIA CIUDADANA EN EL MUNICIPIO DE CÁQUEZA- CUNDINAMARCA A TRAVÉS DE ARCGIS

*Development of the modeling for the security management  
and citizen coexistence system in the municipality  
of Cáqueza-Cundinamarca through ARCGIS*

ISRAEL JULIÁN GARZÓN RIVEROS<sup>1</sup>, NICOLÁS DAVID ECHAVARRIA ROJAS<sup>2</sup>,  
ING EVER ANGEL FUENTES ROJAS MBA<sup>3</sup>

Recibido:17 de abril de 2018. Aceptado:28 de mayo de 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a48>

## RESUMEN

Cáqueza-Cundinamarca cuenta con una zona de 120 km<sup>2</sup> de los cuales únicamente 38 km<sup>2</sup> corresponden a la zona urbana, en esta última zona se decide concentrar el presente estudio ya que es el punto central donde se presentan los diferentes hechos delictivos, en este caso hurto y lesiones personales los cuales han hecho más presencia y afectan directamente al bienestar de los ciudadanos, tomando estos como la problemática para el presente proyecto se realiza inicialmente un diagnóstico en el cual se evidencia por medio de encuestas, análisis estadísticos y aplicación de herramientas de análisis como lo es el DOFA, herramientas que permiten al investigador identificar diferentes factores de oportunidad de mejora y conocer la situación del municipio en materia de seguridad. Teniendo como objetivo el desarrollo del sistema de gestión seguridad y convivencia ciudadana para Cáqueza-Cundinamarca el cual brinda una base para la toma de decisiones y desarrollo de planes con base al PISCC (Plan Integral de Seguridad y Convivencia Ciudadana), se procede a hacer uso de la georreferenciación para ubicar los diferentes puntos de información por medio de coordenadas en el mapa urbano evidenciando así puntos de concentración, utilizando la herramienta tecnológica ArcGis se realizan diferentes tipos de análisis y mapas los cuales brindan un conocimiento más detallado de la distribución de la fuerza pública en contraste con los hechos delictivos; conocer zonas de vigilancia, zonas descubiertas, relación entre variables y su ambiente, permite plantear la base principal para la toma de decisiones y posterior desarrollo de estudios más detallados y modelamientos más robustos.

**Palabras clave:** Simulación, variables, sistema, interacción, georreferenciación.

## ABSTRACT

Cáqueza-Cundinamarca has an area of 120 km<sup>2</sup> of which only 38 km<sup>2</sup> corresponds to the urban area, in this last area it is decided to concentrate the present study. It is the central point where the different criminal acts are presented, in this case theft and personal injuries which have more presence and directly affect the welfare of citizens, taking these as the problem for this project is initially made a diagnosis in which it is evidenced through surveys, statistical analysis and application of analysis tools like SWOT, tools that allows the researcher to identify different factors of opportunity for improvement and know the situation of the municipality in terms of security. Having as objective the development of the security and citizen coexistence management system for Cáqueza-Cundinamarca which provides a basis for decision making and development of plans based on the PISCC (Comprehensive Citizen Security and Coexistence Plan), we

1 Estudiante de ingeniería industrial. Universidad Libre, Bogotá, Colombia

2 Estudiante de ingeniería industrial. Universidad Libre, Bogotá, Colombia

3 Ingeniero industrial Universidad Libre, Bogotá, Colombia, MBE Herriut Watt University, Edinburgo, Escocia, docente Universidad Libre, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: ever.fuente@unilibre.edu.co

proceed to use of the georeferencing to locate the different points of information by means of coordinates in the urban map thus evidencing points of concentration, using the ArcGis technological tool, different types of analysis and maps are made, which provide more detailed knowledge of the distribution of force public in contrast to criminal acts; Knowing surveillance zones, uncovered areas, relationship between variables and their environment, allows us to propose the main basis for decision making and subsequent development of more detailed studies and more robust models.

**Keywords:** Simulation, variables, system, interaction, georeferencing.

## I. INTRODUCCIÓN

A TRAVÉS del tiempo la inseguridad ha sido uno de los problemas principales que ha tenido el país; Colombia se encuentra entre los países con más muertes a causa de la violencia de América Latina, continente que es señalado por el programa de las Naciones Unidas (PNUD) como la región con la tasa más alta de homicidios dolosos del mundo [1]. Sumado a esto la criminalidad se ha apoderado tanto de las ciudades como de los municipios colombianos, la población cada vez se siente más intranquila y a su vez actúa de manera violenta frente a muchas situaciones. Sin lugar a duda estos hechos afectan todos los sectores de la sociedad, causando efectos de improductividad, atraso en materia de desarrollo y falta de credibilidad en las autoridades encargadas de la seguridad.

El municipio de Cáqueza-Cundinamarca no es ajeno a la problemática de seguridad del entorno nacional, conoce la necesidad de desarrollar planes que detengan el crecimiento de la delincuencia común e inseguridad que se presentan diariamente, sin mencionar que se ha presentado un crecimiento económico y social evidenciando aún más que lo anteriormente dicho se está convirtiendo en una necesidad para cada administración.

Por lo anterior las autoridades locales centran la gestión de la seguridad en las directrices establecidas en el Plan Integral de Seguridad y Convivencia Ciudadana (PISCC), el cual es elaborado por cada administración para la ejecución de proyectos enfocados en este tema que permitan la solución de los problemas que aquejan a la población del municipio.

Por lo tanto, se busca desarrollar un sistema de gestión de seguridad y convivencia ciudadana en el que no sólo se establezcan los programas a seguir por parte de la Alcaldía de Cáqueza durante su período de mandato, sino también dar un aporte desde la academia por medio del estudio y

análisis del comportamiento espacial de los principales agentes involucrados en la seguridad del Municipio, específicamente en el casco urbano.

A partir de la revisión de diferentes recursos bibliográficos y de planes de seguridad de otros municipios, se proponen estrategias dirigidas a la prevención de los delitos, y de apoyar los esfuerzos encaminados al estudio de problemáticas sociales utilizando la georreferenciación como herramienta de análisis espacial, permitiendo sentar las bases para un modelamiento correctamente estructurado, que involucre los actores que hacen parte de la seguridad y convivencia en un territorio específico, junto con sus variables y parámetros, con el objetivo de estudiar la interacción entre ellos y el entorno en el que se desenvuelven a diario.

## II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La inseguridad y los altos índices de hechos delictivos son un problema que afecta de manera notable la estabilidad y calidad de vida en una sociedad [2], cuando esto se presenta las consecuencias pueden llegar a ser de leves hasta de gran impacto dependiendo de los hechos que se estén manifestando, estos eventos tienen consecuencias en diferentes escenarios, el primero es a nivel social; el aumento de la inseguridad obliga a que las personas tengan que adaptarse a esta situación y esto puede desencadenar en acciones inadecuadas para buscar proteger su integridad o patrimonio, el segundo es a nivel económico; una sociedad fracturada a causa de los hechos delictivos, con bajos valores y niveles de educación, tiene como consecuencia un aumento del desempleo y la falta de oportunidades de mejora económica generando así un factor que puede desencadenar en el aumento de hechos delictivos ya que una parte de la población no es capaz de suplir sus necesidades básicas.

Por lo anterior es importante para el municipio estructurar un sistema de gestión de seguridad y convivencia ciudadana que involucre el diseño de

políticas públicas enfocadas a la prevención de los hechos delictivos que se puedan presentar en Cádiz - Cundinamarca, acompañado de un análisis georreferenciado de los principales delitos, para este caso el hurto y las lesiones personales, los cuales representan la mayor participación estadística de acuerdo con la tabla I.

### III. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para la realización del proyecto que tiene como objetivo desarrollar el sistema de gestión de seguridad y convivencia ciudadana en el municipio de Cádiz-Cundinamarca se utilizó el tipo de investigación denominado métodos mixtos, definido por Johnson y otros (2007) [3] de la siguiente manera: *“Métodos mixtos de investigación es el tipo de investigación en la cual el investigador o equipo de investigadores combinan elementos de enfoques de investigación cualitativa y cuantitativa (puntos de vista, recolección de datos, técnicas de análisis e inferencia) con el propósito de ampliar y profundizar la comprensión y corroboración”*.

Este tipo de investigación resulta oportuno teniendo en cuenta que los métodos cualitativos y cuantitativos no son excluyentes del todo y que para el proyecto actual se hace necesario el uso de técnicas, enfoques y conceptos propios de ambos, pretendiendo potenciar las fortalezas de cada uno de ellos y reducir las debilidades.

Creswell y otros (2003) identifican tres tipos de diseños mixtos, el primero de ellos denominado triangulación, cuando se recolecta, procesa e integra datos de los dos tipos, en forma secuencial o

paralela, para explicar los resultados; está el explicativo en el que se recogen datos cuantitativos y luego datos cualitativos que ayuden a explicar los cuantitativos; y por último el exploratorio en el que el proceso es al revés del anterior [4].

En este caso puntual el tipo de diseño mixto es explicativo, ya que en primer lugar se recopiló la información acerca de los índices de criminalidad en el municipio dispuestos por las autoridades (es decir los datos cuantitativos), y posterior a esto se realizó la encuesta en la que se pretende conocer la opinión y la percepción de la población en cuanto a la seguridad del municipio.

El primer paso a seguir para este proceso de investigación es la construcción del Plan Integral de Seguridad y Convivencia Ciudadana (PISCC), en donde se va a realizar un diagnóstico que permita conocer la situación en la que se encuentra el municipio, en esta parte se hace necesario identificar las principales problemáticas desde diferentes puntos de vista, es decir, que se analizan las estadísticas dispuestas por parte de la Policía Nacional, la Fiscalía General de la Nación, la Comisaría de Familia (para los delitos en los que se ven involucrados menores y en los que se vulneran los derechos de los mismos) y por último la percepción de la población que es conocida por medio de una encuesta.

Además de lo anterior se pretende hacer uso de ciertas herramientas que permitan realizar un análisis adecuado de la situación encontrada en el diagnóstico, así mismo permiten dar un aporte desde el punto de vista ingenieril a la construcción del sistema de gestión de seguridad del

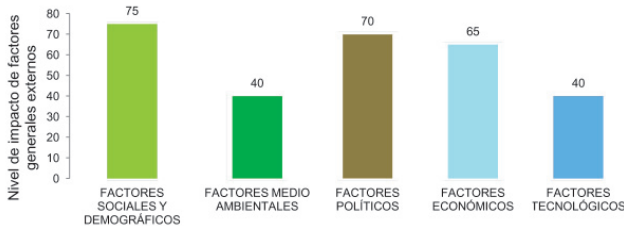
Tabla I. Hechos delictivos de Cádiz - Cundinamarca.

| Indicador                                     | Número de casos |      |      |      |      |      |    |
|---|-----------------|------|------|------|------|------|----|
|   | 2012            | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |    |
| Homicidios                                    | 1               | 1    | 0    | 4    | 1    | 1    |    |
| Violencia interpersonal (Lesiones personales) | 42              | 48   | 36   | 39   | 90   | 37   |    |
| Violencia intrafamiliar                       | 14              | 3    | 17   | 23   | 24   | 11   |    |
| Hurto   | A personas      | 9    | 11   | 6    | 6    | 43   | 15 |
|   | A residencias   | 1    | 5    | 1    | 1    | 1    | 0  |
|   | De motos        | 1    | 0    | 4    | 0    | 0    | 1  |
|   | Al comercio     | 2    | 5    | 2    | 1    | 0    | 0  |
|   | Abigüeo         | 1    | 0    | 0    | 2    | 1    | 1  |

Fuente: Policía Nacional, 2017.

municipio, entre las que se encuentran la matriz DOFA (con su respectivo análisis de factores internos EFI y factores externos EFE, junto con la matriz PEYEA), la matriz PEST, el análisis CAME y las gráficas de control para los delitos de mayor impacto.

Como resultado de las herramientas diagnósticas aplicadas se resalta que los factores sociales y demográficos son aquellos de mayor impacto en el sistema de gestión de seguridad del municipio, tal como se evidencia en la gráfica 1, sin descartar que la influencia de diferentes aspectos como el político, económico, tecnológico y ambiental, es de vital importancia a la hora de trabajar en la convivencia de un municipio.



Fuente: Los autores, 2017.

Gráfica 1. Tipología de factores generales

Luego de realizar el diagnóstico e identificar los delitos de mayor impacto (hurto y lesiones personales) y de evidenciar los territorios más vulnerables (casco urbano), se lleva a cabo la construcción del PISCC, en el cual se centra la gestión de seguridad de la alcaldía vigente durante su período de mandato. Para tener un panorama más claro de

los factores que intervienen en los principales hechos delictivos se realizan los diagramas causales representados en las Fig. 1 y 2 respectivamente.

Un diagrama causal permite representar el comportamiento y la estructura de un sistema complejo [4], por lo que en este caso se hace uso de esta herramienta para comprender de manera más clara los principales factores que se deben atender en las estrategias que se planteadas en el PISCC.

Posteriormente se hace el proceso de georreferenciación, teniendo en cuenta las estadísticas dispuestas por la Policía Nacional de hurto y lesiones personales para los años 2016 y 2017, ya que, a pesar de tener estadísticas de los delitos de años anteriores, estos no cuentan con la altitud y longitud, lo que permite realizar la ubicación espacial de cada uno de los hechos ocurridos en el municipio. El desarrollo de una adecuada georreferenciación es pilar fundamental para detectar variables anteriormente ignoradas, Naif M., Agmed A. y Naser El-Sheimy [5] en su artículo hacen principal mención a la importancia de tener datos correctamente georreferenciados y cómo estos pueden distorsionar de manera notable los resultados y presentar datos con un gran margen de error sin importar el área de aplicación.

A partir de la georreferenciación se hace un análisis espacial buscando identificar las zonas de concentración de delitos y evidenciando la ubicación de los integrantes de la Policía Nacional, en donde se puede realizar una relación entre los sectores que cobertura de las autoridades con res-

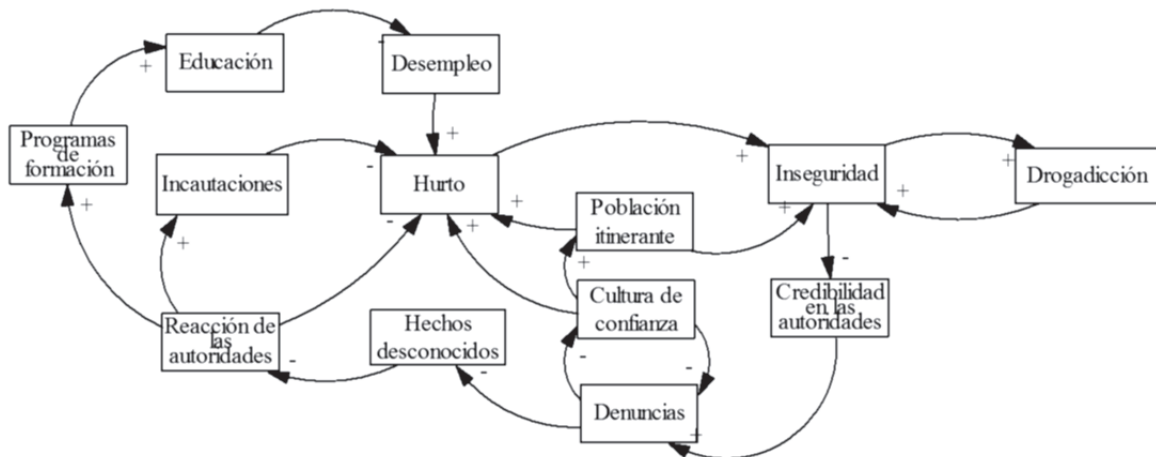


Fig. 1. Diagrama causal del hurto. Fuente: Los autores, 2018

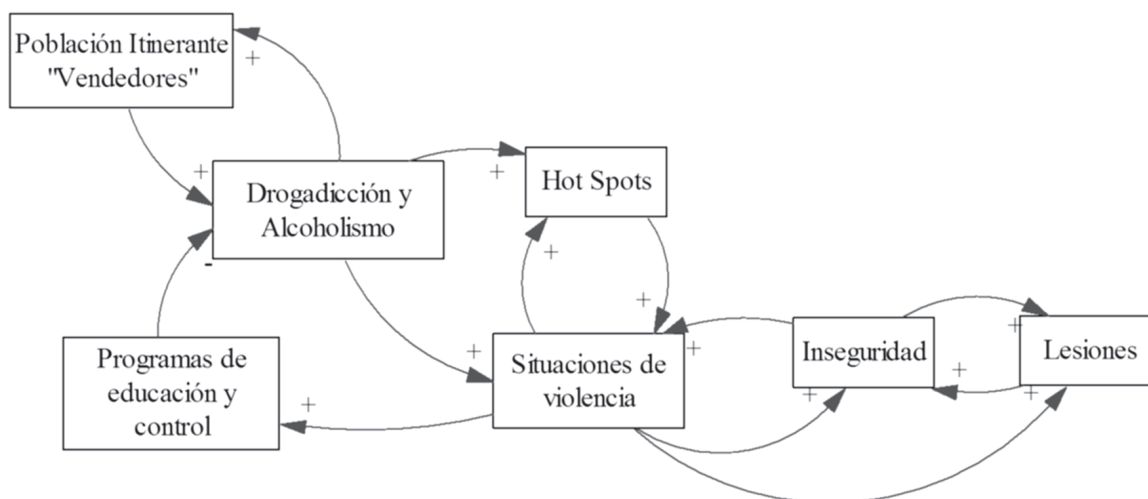


Fig. 2. Diagrama causal de lesiones personales. Fuente: Los autores, 2018

pecto a los puntos donde se presentaron los hurtos y los casos de lesiones personales.

Por último, se procede a realizar un análisis financiero, en el que no se pretenden medir los indicadores tradicionales en cualquier proyecto, entendiendo que la naturaleza del estudio es de tipo social y para estos casos el retorno no siempre se ve reflejado en un beneficio económico, sino por el contrario en una contribución a la sociedad, lo que permite que la población se desenvuelva en un ambiente seguro y a su vez el municipio crezca en materia de productividad y desarrollo.

#### IV. RESULTADOS

El desarrollo de la georreferenciación se lleva a cabo en la herramienta informática ArcGis, la cual brinda al usuario la capacidad de desarrollar diferentes mapas que aportan diversas perspectivas para la toma de decisiones y análisis de espacialidad en el municipio. Cáqueza-Cundinamarca cuenta con una zona de 120 km<sup>2</sup> de los cuales únicamente 38 km<sup>2</sup> corresponden a la zona urbana, siendo esta última el objeto de estudio.

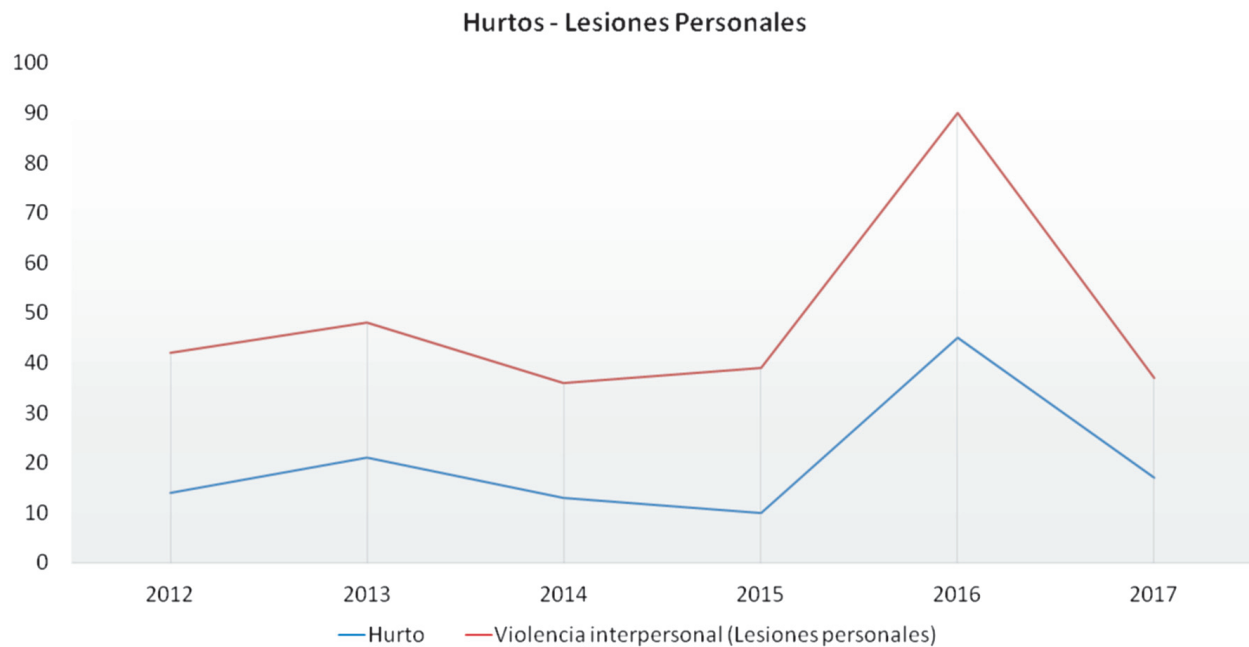
Inicialmente se procede a realizar un análisis estadístico de la cantidad de hurtos y casos de lesiones personales ocurridos en el municipio de Cáqueza entre el 2012 y el 2017. Como se observa en la gráfica 2 existe una disminución de hechos delictivos en el año 2017 (tanto Hurtos como Lesiones Personales) a razón de la implementación

del nuevo Plan Integral de Seguridad y Convivencia Ciudadana (PISCC) en donde se propusieron programas y estrategias con el objetivo de disminuir los índices de criminalidad y su impacto en la sociedad.

Posteriormente se realiza la georreferenciación de los hechos delictivos del año 2016 – 2017 (Hurto y lesiones personales). Se tienen en cuenta estos dos años debido a que la Policía Nacional no cuenta con un registro de latitud y longitud más amplio que permita obtener un histórico de datos de un período de tiempo más extenso. La ubicación espacial de los delitos se puede observar en la Fig. 3.

En la Fig. 3 se puede observar la tendencia de los hechos delictivos hacia el centro del municipio, siendo la zona más afectada en los dos años representados gráficamente, por lo que es uno de los puntos críticos y que podría ser considerado como una “zona caliente” o lo que se denomina “hot spot”, es decir, aquellos en los que existe una concentración de delitos, lo que ha servido en diferentes estudios a la toma de decisiones focalizadas [6], entendiendo la limitación de los recursos para combatir el crimen.

En las siguientes figuras se puede observar los hechos delictivos del año 2016 y 2017 respectivamente utilizando buffers cada 20 metros los cuales fueron usados para evidenciar en qué punto existe mayor concentración y acumulación de delitos. Fig. 4.



Fuente: Los autores, 2018.

Gráfica 2. Histórico de Hurtos y Lesiones Personales.



Fig. 3. Mapa de delitos 2016-2017. Fuente: Los autores, 2018.



Fig. 4. Buffers delitos 2016 [izquierda] y 2017 [derecha].

Fuente: Los autores, 2018.

Otro factor importante para analizar, además de la concentración y visualización de los hechos delictivos es la ubicación de la Fuerza Pública los cuales fueron caracterizados en 3 tipos, así como la ubicación del CAI y estación de Policía. Para evidenciar la relación de los hechos delictivos con la ubicación de estos puntos de seguridad ciudadana, los Policías fueron divididos en:

- Motorizados: Personal que se moviliza principalmente por medio en una motocicleta.

- Patrulleros: Personal que presta sus servicios por un tiempo definido.
- Flotantes. Personal que se moviliza por el municipio a pie.

A continuación, en la Fig. 5 se puede observar el mapa de la ubicación de los policías y sus zonas de cobertura, utilizando el análisis geométrico que brinda ArcGis identifica las tendencias y zonas con mayor presencia, lo que permite conocer qué zonas son más influyentes y qué zonas están descubiertas y propensas a la presencia de nuevos hechos delictivos, cabe resaltar que esta ubicación únicamente se realizó para el año 2017 con la información brindada por la Policía Nacional, de igual manera es importante tener en cuenta que los patrullajes, ubicación y zonas de cobertura varían constantemente ya que se deben adaptar a los hechos que ocurren diariamente.

Haciendo uso la herramienta estadística de ArcGis que utiliza la distribución estándar, se pue-

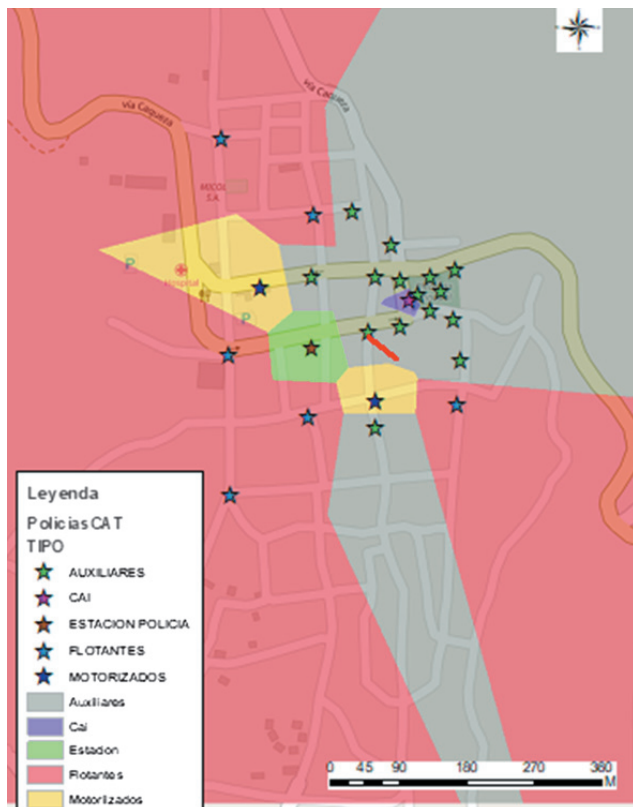


Fig. 5. Análisis geométrico de los Policias 2017. Fuente: Los autores, 2018.

den visualizar las tendencias de los hechos delictivos de manera conjunta como un todo sin recurrir a la necesidad de analizar punto por punto, en la figura 6 se observa el proceso de transición de los hechos delictivos del año 2016 (círculo azul) al año 2017 (círculo amarillo). Se evidencia que el punto central de los hechos se aleja del centro geométrico de Cáqueza, pero de igual manera se encuentra en la mayoría de las zonas comerciales y locales del municipio, lo cual refleja una alerta para la fuerza pública, ya se deben tomar medidas oportunas y mantener una vigilancia para prevenir el aumento o presencia de estos hechos.

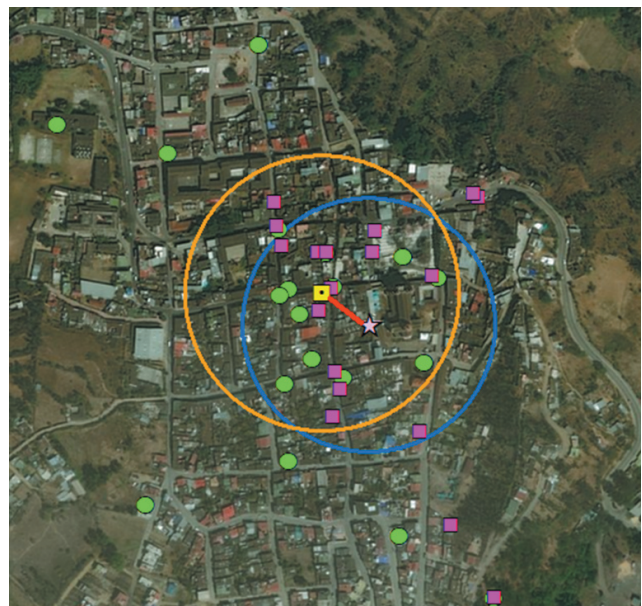


Fig. 6. Análisis geométrico de los Policias 2017. Fuente: Los autores, 2018..

Posteriormente, en la Fig. 7 se procede a cruzar la información de los hechos delictivos vs los Policias para poder evidenciar realmente qué tipo de cobertura están realizando sus efectivos y qué puntos se presentaron fuera de sus campos de acción, reconociendo los colores como:

- Verde: Presencia policiaca
- Amarillo: Presencia mediana de hechos delictivos
- Rojo: Presencia alta de hechos delictivos

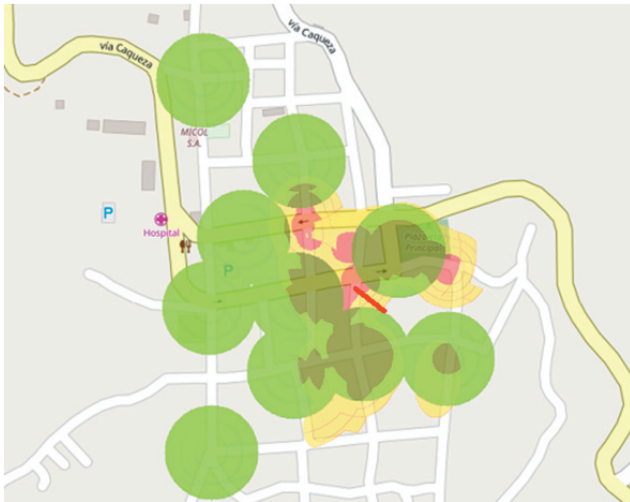


Fig. 7. Hechos delictivos 2017 vs Policías. Fuente: Los autores, 2018.

Se observa que en mayor proporción la policía se encuentra en las zonas donde se están presentando los hechos delictivos, pero así mismo existen zonas desprotegidas que son propensas a evidenciar un crecimiento de estos hechos como lo son la zona del centro del municipio.

ArcGis permite al investigador realizar variedades de análisis y cruzar la información de la manera que sea adecuada para buscar el mapa o resultado que brinde ese punto de partida para dar inicio al modelamiento e identificar las variables para que este futuro trabajo se realice con las bases adecuadas y con un objetivo claro.

Estos tipos de estudios en problemáticas sociales son una metodología que debe ser más usada y motivada a investigación, existe infinidad de herramientas, como es en este caso ArcGis, que pueden ser aplicadas a estudios de seguridad ciudadana y demás temáticas que exijan de una visualización inicial y una georreferenciación para poder marcar las bases de un modelamiento adecuado, conociendo la interacción entre los actores básicos iniciales y su relación con el entorno se pueden plantear mejores planes y acciones a llevar a cabo dando un conocimiento amplio de la situación y las razones de la problemática.

A continuación, en la figura 8 se puede observar las tres clases de Policías que hacen presencia en el municipio de Cáqueza-Cundinamarca en el año 2017, los cuales son:

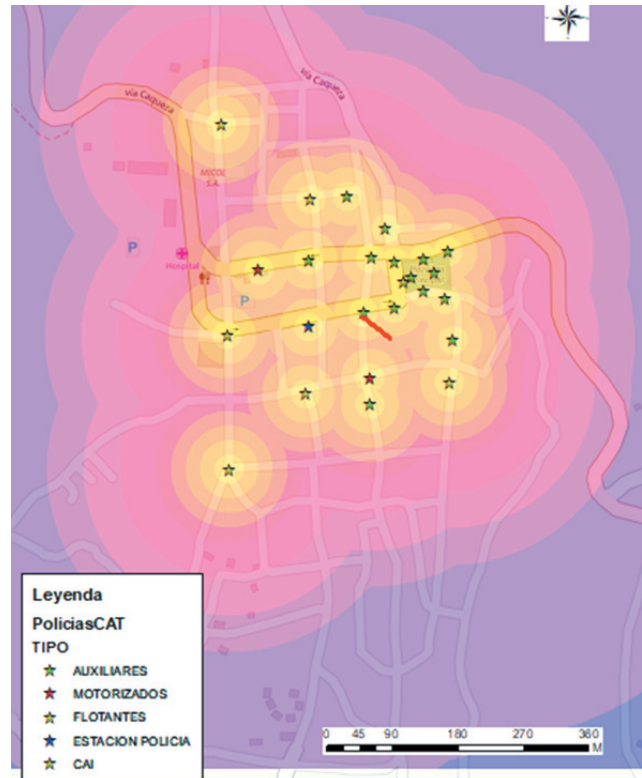


Fig. 8. Cobertura de Policías 2017. Fuente: Los autores, 2018

- Auxiliares
- Motorizados
- Flotantes

De igual manera se incluye la estación de Policía y el CAI que también son puntos de observación y control, como se puede observar existe una concentración de los Policías Auxiliares en la zona derecha del municipio, es decir, en el parque principal y en zonas cercanas a la Alcaldía municipal, adicionalmente a esto se encuentra en la misma zona el CAI aumentando así el nivel de control. Se puede observar que los Policías Motorizados se encuentra más distribuidos en el municipio ya que al tener un medio para movilizarse pueden abarcar mayor cobertura y variar las zonas de vigilancia.

Finalmente, los Policía Flotantes aumentan las zonas de vigilancia dirigiéndose a puntos más alejados del centro del municipio. Como se puede evidenciar existen zonas que se encuentra con baja cobertura como lo es la parte inferior derecha del



mapa siendo estas zonas con alta probabilidad de presencia de hechos delictivos, aunque como se observó en las ilustraciones anteriores la tendencia es en el centro del municipio.

A continuación, en la Tabla II se observa un comparativo de cobertura de los Policia en el municipio de Cáqueza, como se puede evidenciar existen zonas que son descubiertas por un tipo de Policía, pero complementadas por otro, es decir que se trabaja en conjunto para buscar alcanzar el objetivo de tener como zona de vigilancia la totalidad del municipio.

En la Fig. 9 se presenta la comparación entre los hechos delictivos cometidos los días viernes y sábados en el año 2017, se evidencia que a pesar de que existe una variación de los hechos en la zona superior e inferior del mapa las cuales cambiaron del día viernes a sábado, sigue existiendo una concentración en la zona central del municipio siendo este el punto a atacar con el uso e implementación de nuevos proyectos sociales y presencia de la Policía Nacional.

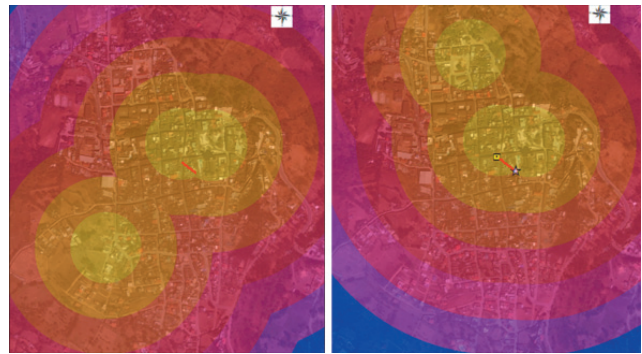


Fig. 9. Hechos delictivos viernes [Izquierda] y sábado [Derecha], 2017

Cabe destacar que esta zona central es donde se encuentran principalmente los Policias Auxiliares, pero aun así se han presentado diferentes hechos, lo cual señala que no está generando el impacto esperado de este personal sobre la probabilidad de que se presenten estos tipos de delitos.

Con base en los análisis anteriormente vistos, facilita al investigador descubrir diferentes variables y la construcción de diagramas los cuales

Tabla II. Comparativos.

| Policías Motorizados   | Policías Auxiliares  | Policías Flotantes  |
|--|--|---|
|  |  |   |
| <p>La cantidad de efectivos es mínima, al tener la ventaja de movilizar sobre un vehículo pueden abarcar mayores zonas en menos tiempo, disminuyendo el tiempo de respuesta.</p> | <p>Los Policias Auxiliares se concentran en la zona central del municipio, lugar donde se presentan mayores hechos delictivos y es necesaria una respuesta más rápido en estos escenarios.</p> | <p>Los Policias Flotantes se pueden movilizar a pie por diferentes zonas, variando las zonas de vigilancia y teniendo una mayor cobertura, se puede observar una zona central del mapa descubierta.</p> |

Fuente: Los autores, 2018

representan las bases para el posterior modelamiento, en la tabla III se encuentran algunas de estas variables que se pueden deducir del estudio realizado, dándole a cada uno un nivel de influencia lo cual representa su importancia con relación a las demás variables, como se puede observar todas estas tienen una alta influencia en las demás ya que actúan como sistema teniendo así impacto directo en los casos de hecho delictivos.

ArcGis representa una herramienta con las capacidades suficientes para servir como base para la construcción de un modelamiento cada vez más detallado [7], dejando puerta abierta para que el futuro investigador pueda plantear diferentes escenarios y/o simulaciones que permitan anticiparse a futuros comportamientos, ya sea crecimiento o decrecimiento de un indicador, así mismo involucrando un mayor número de variables y te-

Tabla III. Variables.

| Variable                          | Explicación  | Nivel de influencia |       |      |
|-----------------------------------|--|---------------------|-------|------|
|                                   |  | Baja                | Media | Alta |
| Comercio                          | La presencia de lugares comerciales en las zonas aumenta la probabilidad de que los diferentes hechos delictivos hagan presencia, principalmente Hurto |                     |       | x    |
| Tabernas                          | La cantidad de estos establecimientos tienen relación directa con la presencia de hechos, principalmente Lesiones Personales                           |                     |       | x    |
| Educación                         | El nivel de educación de la sociedad son papel fundamental para su convivencia   |                     |       | x    |
| Consumo de sustancia psicoactivas | Un alto nivel de personas que consumen este tipo de sustancias tiene notable consecuencia en la inseguridad del municipio                              |                     |       | x    |
| Reacción de las autoridades       | El tiempo de respuesta por parte de las autoridades ante un hecho delictivo disminuye o aumenta las probabilidades de que estos hagan presencia        |                     | x     |      |
| Denuncias                         | Número de reportes hechos por parte de la ciudadanía ante la presencia de un hecho   |                     |       | x    |
| Programas de seguridad            | Programas planteados por parte de las autoridades del municipio en búsqueda de concientización y mitigación de estos hechos delictivos                 |                     |       | x    |

Fuente: Los autores, 2018

niendo un histórico más amplio permitirá tomar decisiones más acertadas y construir un modelo de seguridad y convivencia ciudadana [8] progresivamente más asertivo que facilite a la comunidad desarrollar los planes adecuados para su bienestar y prevención, tal como se hizo en Crime Mapping and Crime Analysis of Property Crimes in Jodhpur (Swikar Lama and Sikandar Rathore, 2018) [9][10][11] donde se desarrolló un mapeo tomando como objetivo los crímenes contra la propiedad en Jodhpur del estado de Rajastán al noroeste de la India, complementando con entrevistas a víctimas y autoridades permitió encontrar mayores variables que se relacionan con el ambiente y zonas donde ocurren este tipo de hechos delictivos.

## V. CONCLUSIONES

- ArcGis permite plantear las bases para la construcción de un futuro modelamiento y simulación de una problemática social [8][9][10].
- La construcción de diferentes mapas permite al investigador detectar variables ignoradas e identificar su interacción.
- La falta de datos históricos puede distorsionar los resultados, teniendo un margen de error mayor.
- Cáqueza-Cundinamarca tiene una adecuada distribución de la seguridad respecto al histórico visto, se recomienda realizar estudios periódicos para observar puntos débiles y tendencias.
- Es de vital importancia tener una base de datos amplia con información detallada (coordenadas del hecho, tipo de delito, modalidad, edad de la víctima, hora, día, etc) lo cual se traducen en herramientas para el investigador y poder realizar un análisis más robusto y asertivo.

## REFERENCIAS

- [1] R. Rubin de Celis, S. Tudela, G. Nardo & J. Aliaga Lordemann, Delincuencia en Bolivia desde una perspectiva espacial. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (18), 129-154. 2002.
- [2] J. Perdomo, J. Moreno & D. Perdomo, Hurto por intimidación: una simulación del comportamiento delictivo desde una perspectiva económica para la reflexión sobre políticas públicas. *Informes Psicológicos*, 15(2), 13 - 32. 2015.
- [3] A. Campos, Métodos mixtos de investigación: integración de la investigación cuantitativa y la investigación cualitativa. Bogotá: Editorial Magisterio, 2003 - 2007.
- [4] C. Neri, T. Luciano, Diseño de un sistema de ayuda para la gestión del gobierno municipal de Puente Piedra aplicando dinámica de sistemas. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. 2014.
- [5] M. Naif, A. Ahmed & E. Naser, Improving the Accuracy of Direct Geo-referencing of Smartphone-Based Mobile Mapping Systems Using Relative Orientation and Scene Geometric Constraints. 2017.
- [6] D. Weisburd y A. Braga, Hot spots policing as a model for police innovation. (págs: 225- 245). New York: Cambridge University Press. 2006.
- [7] R. Martínez & A. Zapata, Las ciencias sociales y los dispositivos de complejidad. *Cuadernos de Administración*. 29 (50), 123-131. 2013.
- [8] M. C. Bello, Desafíos y estado futuro de la convivencia en Colombia al 2025. *Revista Criminalidad*, 56 (2): 319-332. 2014.
- [9] M. Varela & G. Marín, Modelo basado en agentes múltiples para la simulación del comportamiento de las tasas de delincuencia. 2010.
- [10] C. Cardoso, F. Bert & G. Podestá, Modelos basados en agentes (MBA): Definición, alcances y limitaciones. 2014.
- [11] L. Swikar & R. Sikandar, Crime Mapping and Crime Analysis of Property Crimes in Jodhpur. 2018.





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# MÉTODOS Y TÉCNICA ANTROPOMÉTRICA PARA EL CÁLCULO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

## *Methods and anthropometric techniques for the calculation of body composition*

ALDO PIÑEDA GERALDO<sup>1</sup>, INGRID AMÓRTEGUI MONROY<sup>2</sup>, CLAUDIA RODRÍGUEZ POSADA<sup>2</sup>,  
YOHANA ROJAS SANDOVAL<sup>2</sup>, LEIDY SANTANA GUTIÉRREZ<sup>2</sup>

*Recibido: 17 de abril de 2018. Aceptado: 02 de mayo de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a49>

### RESUMEN

El presente artículo es el resultado de la segunda etapa del proyecto de investigación titulado: selección y análisis de ecuaciones antropométricas para el cálculo de la composición corporal en adultos. En este artículo se realizó una revisión de fuentes primarias y secundarias, sobre antecedentes e investigaciones sobresalientes de trabajos que se han realizado sobre los métodos y técnicas antropométricas para el cálculo de la composición corporal.

**Palabras clave:** Métodos, técnica, antropometría, cálculo, composición corporal.

### ABSTRACT

This article is the result of the second stage of the research project entitled: selection and analysis of anthropometric equations for the calculation of body composition in adults. In this article, a review of primary and secondary sources was made, on antecedents and outstanding investigations of works that have been carried out on anthropometric methods and techniques for the calculation of body composition.

**Keywords:** Methods, technique, anthropometry, calculation, body composition.

## I. INTRODUCCIÓN

ESTE ARTÍCULO corto es la segunda etapa del proyecto titulado: Selección y análisis de ecuaciones antropométricas para el cálculo de la composición corporal en adultos. Pertenece al grupo OCA de la Corporación Universitaria Republicana. En el presente estudio el objetivo fue seleccionar algunos métodos y la técnica antropométrica para calcular la composición corporal en adultos. La elección de los métodos estará en relación a los instrumentos y la tecnología. Por otro lado, está el riesgo invasivo, el costo de la inversión para el estudio, la confiabilidad y los objetivos del estudio.

## II. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Los tres principios básicos que componen la antropometría son: la proporcionalidad, el somatotipo y la composición corporal. Ese último, que es nuestro objeto de estudio, es para nosotros el más importante en el ámbito de la evaluación de la actividad física y la ergonomía, por cuanto la capacidad del individuo para realizar cualquier actividad, está íntimamente relacionada con la mayor o menor presencia de sus componentes corporales [1].

1 Antropólogo Físico de la Escuela Nacional de Antropología e Historia de México, D.F. Posgrado en Ergonomía de la Universidad El Bosque. Docente-Investigador de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Republicana, Bogotá. Colombia. Correo electrónico: [apineda@urepublicana.edu.co](mailto:apineda@urepublicana.edu.co)

2 Estudiantes de Ingeniería Industrial. Corporación Universitaria Republicana.

La valoración de la composición corporal puede estar basada en numerosos métodos, siendo conceptualmente diferentes entre sí. Los métodos pueden ser funcionales como los antropométricos, o los más sofisticados como: los químicos, densitometría, impedancia bioeléctrica, medición del agua corporal, tomografía axial computarizada, ultrasónicos y radiológicos, todos aportan múltiples ecuaciones y propuestas metodológicas. Sin embargo, todos estos métodos tienen diferente validez para analizar la composición corporal.

A manera de ejemplo, se mostrará una tabla de una valoración de la composición corporal, realizada en una misma persona, con diferentes métodos (ver tabla I).

Tabla I. Ejemplo de valoración de la composición corporal.

| Método                                | Porcentaje en grasa |
|---------------------------------------|---------------------|
| 42 K Corporal total                   | 21                  |
| Antropometría                         | 18.5                |
| B.E.I. (Bioimpedancia eléctrica)      | 13.3                |
| Densitometría (Pesada - hidrostática) | 9.6                 |
| H2O Corporal total (Agua tritiada)    | -                   |

Fuente: Martin, 1984.

Para una mejor aproximación al análisis de las características de los métodos de valoración de la composición corporal, esta clasificación conceptual requiere dar un seguimiento, según la siguiente propuesta de Esparza [1]:

#### A. Descriptivo

Son modelos teóricos que se resumen en una fórmula o nomograma. Los índices y masa corporal calculados por la técnica Quetelet y otros índices derivados de otros autores. Por ejemplo índice de: la espalda, la pelvis y el córmico.

#### B. Proporción-fraccionada

Surge de los estudios anatómicos de disecciones de Matiegka y su modelo de cuatro componentes: masa grasa, muscular, ósea y residual. Estos modelos han sido modificados por otros autores como el modelo "Phantom" de Ross y Wilson, por modelos de cuatro y cinco componentes de Drinkwater y Kerr, y técnicas basadas en imágenes por resonancia magnética y otras tecnologías [1].

### III. CLASIFICACIÓN CON CRITERIOS METODOLÓGICOS

Esta clasificación está basada en criterios metodológicos, que permite dar una validez científica a los métodos utilizados para la valoración de la composición corporal.

#### A. Métodos directos

Este método es básicamente con estudios en cadáveres y ha sido uno de los más válidos, pero tiene sus limitaciones, debido a la escasez de trabajos de este tipo en los que se hayan realizados valoraciones antropométricas y de composición química, es de los menos empleados en la investigación. Con este método, uno de los estudios más sobresaliente ha sido el de la Universidad de Vrije, Bélgica, de los autores Clarys, Drink-Water, Martin y Ross. En esta investigación se midieron antropométricamente y se disecaron 25 cadáveres entre los 55 y 94 años de edad. Se presentaron algunas limitaciones en este proyecto, no obstante, se contribuyó tanto conceptual como pragmáticamente a un mejor conocimiento de la valoración de la composición corporal.

#### B. Métodos indirectos

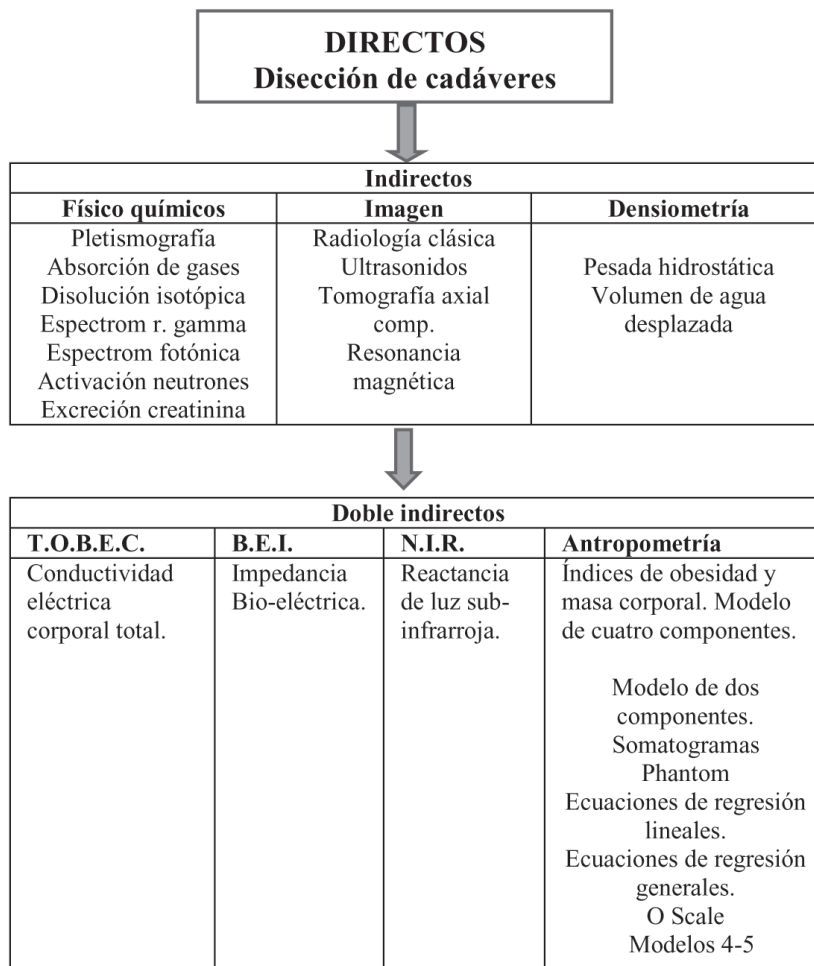
En esta técnica el componente corporal se determina indirectamente. Se realizan estableciéndose relaciones con una técnica directa, a partir de una serie de determinaciones, se pueden calcular valores de parámetros de composición corporal [2].

#### C. Métodos doblemente indirectos

Dependen de una relación estadística entre parámetros corporales fácilmente medibles y el componente corporal de interés. Ejemplos de ello son la valoración y el cálculo de la grasa corporal a partir del espesor de los pliegues subcutáneos adiposos [3].

Son ecuaciones o nomogramas derivados a su vez de alguno de los métodos indirectos. La antropometría es un ejemplo, a partir de variables antropométricas y de la densidad corporal de una población, se calcula una ecuación de regresión. Esto permite por ejemplo valorar y calcular el porcentaje de grasa a partir solamente de los panículos adiposos.

En el siguiente cuadro se puede apreciar un cuadro de métodos de valoración



Fuente: Porta, J., Galiano, D., Tejedo, A. 1990.

La valoración de los métodos se puede observar en la siguiente tabla, analiza las características comparativas de los métodos para la predicción de la composición corporal.

El número cinco representa la mejor opción para la característica apuntada (ver tabla II).

#### IV. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS

##### A. Pesaje hidrostático

Es una técnica para el diagnóstico de la densidad corporal. Se calcula la composición corporal basándose en el modelo de dos compartimentos, masa grasa y masa libre de grasa. Su técnica consiste

en la inmersión completa del individuo en un tanque lleno de agua, suspendido en una balanza, para medir su peso hidrostático, habiendo realizados antes una espiración máxima (Ver Fig. 1). Si evaluamos la densidad corporal esta es igual a la masa dividida por el volumen, según el principio de Arquímedes: el volumen del objeto sumergido en un fluido pierde una cantidad de peso igual a la cantidad de fluido que se desplaza, así se puede calcular el volumen corporal a partir de la diferencia entre los pesos fuera y dentro del agua. Se debe tener en cuenta el volumen residual pulmonar y el gas gastrointestinal:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{peso en el aire} - \text{peso en agua}}{\text{densidad del agua}}$$

Tabla II. Valoración de los métodos

| MÉTODO                              | Seguridad del sujeto | Adaptación del sujeto | Material necesario | Método | Costo económico | Funcionalidad | Validez |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------|-----------------|---------------|---------|
| Disección anatómica                 | 0                    | 0                     | 2                  | 5      | 1               | 0             | 5       |
| Pestimografía y absorción de gases  | 4                    | 1                     | 1                  | 3      | 1               | 1             | 3       |
| Dilución isotópica                  | 4                    | 3                     | 2                  | 2      | 2               | 2             | 3       |
| Espectrómetro fotónica              | 2                    | 3                     | 2                  | 3      | 2               | 2             | 3       |
| Activación neutrónica               | 3                    | 2                     | 1                  | 2      | 1               | 1             | 3       |
| Excreción creatinina                | 4                    | 3                     | 3                  | 3      | 3               | 3             | 2       |
| Radiología                          | 1                    | 2                     | 1                  | 2      | 1               | 1             | 2       |
| Ultrasonido                         | 4                    | 4                     | 2                  | 3      | 2               | 3             | 2       |
| Tomografía axial computarizada      | 1                    | 1                     | 0                  | 2      | 0               | 1             | 4       |
| Resonancia magnética nuclear        | 4                    | 2                     | 0                  | 2      | 0               | 2             | 4       |
| Densitometría                       | 3                    | 1                     | 2                  | 2      | 2               | 2             | 4       |
| Conductividad eléctrica corporal    | 3                    | 4                     | 0                  | 3      | 0               | 1             | 4       |
| Reactancia de la luz sub-infrarroja | 5                    | 5                     | 4                  | 4      | 3               | 3             | 2       |
| Impedancia bio-eléctrica            | 3                    | 4                     | 3                  | 4      | 3               | 3             | 3       |
| Antropometría-índices               | 5                    | 5                     | 5                  | 5      | 5               | 5             | 1       |
| Antropometría-ecuaciones regresivas | 5                    | 4                     | 4                  | 3      | 4               | 4             | 4       |

Fuente: [http://www.equanthropos.com.ar/cine\\_metodo.htm](http://www.equanthropos.com.ar/cine_metodo.htm)

A partir de la masa y el volumen corporal se puede obtener la densidad corporal y una vez obtenida esta, utilizando la ecuación de Siri, se pue-

de calcular el porcentaje de masa grasa. Se asumen como constantes las densidades de la masa grasa, magra y el nivel de hidratación [2].

$$\text{Ecuación de Siri: \% de grasa} = (4,95/DC - 4,50) \times 100$$



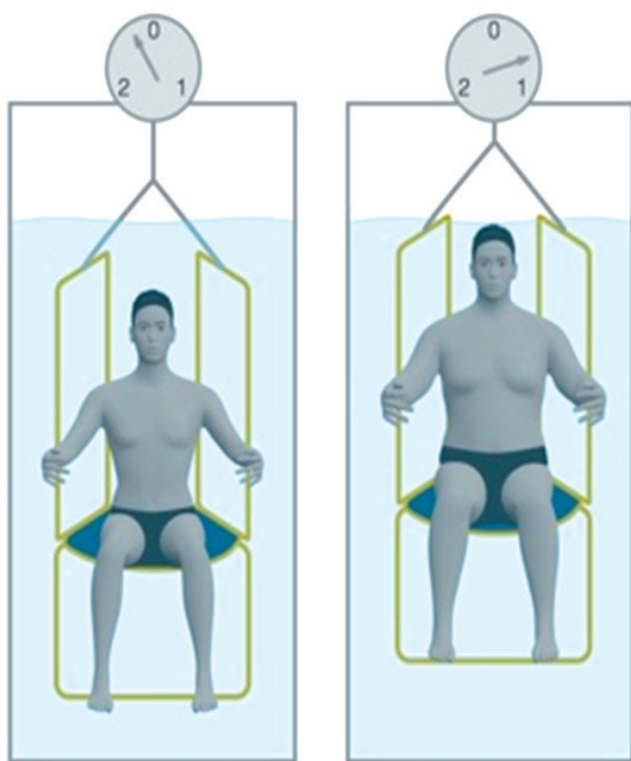


Fig. 1. Pesaje hidrostático. Fuente: blog.fitdigits.com



Fig. 2. Pletismografía. Fuente: medicaldesign.com

## B. Densitometría

La valoración de la composición corporal midiendo la densidad corporal total es un método usado en personas sanas que es un estándar de oro. El cuerpo se compone de dos compartimientos distintos (graso y no grasoso) y es posible determinar cada uno de estos a partir de la medición de la densidad corporal total. En este método se asume que la composición química del tejido magro es relativamente constante, así su densidad difiere sustancialmente del tejido graso ( $1,100$  vs  $0,900$   $\text{g}/\text{cm}^3$ ) [4].

## C. Pletismografía

Es una técnica que se determina el volumen por desplazamiento de aire. El procedimiento es introducir al individuo al interior de una cámara, que se puede abrir o cerrar con una especie de puerta ovalada y en el interior el sujeto que se va a analizar se puede sentar (ver Fig. 2). La medición se realiza por los cambios de presión entre la cámara de referencia y la cámara en la que se encuentra el individuo. Esta técnica es costosa [2].

Estos estudios se iniciaron en Alemania a comienzos del siglo XX, se basan en la determinación de los cambios de presión que tienen lugar en un sistema de dos cámaras que están conectadas y que mantienen entre sí presiones conocidas e iguales tras la introducción del individuo en cada una de ellas. Su fundamento es la Ley de Boyle, al inyectar en dicha cámara de volumen conocido una cantidad de aire, produce aumento de presión que es proporcional al volumen ocupado por el sujeto. Conocido su volumen, se puede calcular su densidad [4].

## D. Bioimpedancia eléctrica

Es una técnica basada en la respuesta conductiva a una corriente eléctrica de alta frecuencia y bajo voltaje e intensidad aplicada al cuerpo humano, de la que son responsables los fluidos y los electrolitos que lo componen. La intensidad se conduce de forma diferente por la grasa (que actúa como un aislante) que por la masa libre de grasa, donde el agua y los electrolitos actúan como conductores. La técnica consiste en colocar dos electrodos uno en las manos y otro en los pies, dado que la masa libre

de grasa tiene una mayor conductividad, puesto que contiene gran cantidad de agua y electrolitos corporales se puede hacer las deducciones [2].

Existen diversas técnicas para el análisis de impedancia bioeléctrica y la antropometría posee características similares en cuanto a accesibilidad y fácil manejo. Las comunes son mano-pie y tienen mayor precisión, es la más recomendada. La otra técnica, báscula de bioimpedancia es la más utilizada [5].



Fig. 3. Bioimpedancia. Fuente: López, E. Peiró, R. y M. García. (2011).

## V. TÉCNICA ANTROPOMÉTRICA PARA EL CÁLCULO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Las técnicas para evaluar la composición corporal más aplicada son aquellas que determinan los componentes como son grasa y masa libre de grasa. Vamos a describir algunas técnicas que se pueden utilizar para estos tipos de estudio. Muchos de ellos tienen ventaja sobre otros, más sin embargo, el que se utiliza y es de menor costo es la técnica antropométrica.

Dentro de la literatura podemos encontrar diversas técnicas como lo mencionaremos a continuación: pesaje hidrostático, técnicas isotópicas (agua corporal total, potasio corporal total). Técnicas de imagen (RMN, TAX, DEXA). Técnicas físico-químicas (bioimpedancia eléctrica, TOBAC, espectrofotometría por infrarrojos). Técnicas de imagen (ultrasonidos).

El conjunto de estas técnicas tienen un elevado costo y por su difícil aplicación en muchas ocasiones no se utilizan, sin embargo la impedancia bioeléctrica y la antropometría son más utilizadas por su bajo costo, sencillez y confiabilidad para calcular la composición corporal [2]. Los estudios antropométricos permiten calcular la composición corporal, con el estudio de la morfología, las dimensiones y la proporcionalidad para estudios aplicados a la ergonomía.

## VI. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PARA COMPOSICIÓN CORPORAL

La antropometría es una técnica de fácil aplicación, buena reproductibilidad y de bajo costo. Este método, es el más recomendado ya que es sencillo, reproducible, accesible, cómodo y económico. La confiabilidad dependerá de la habilidad y la experiencia del antropometrista en la toma de medidas. El protocolo deberá ser estandarizado de acuerdo a las normas internacionales, para que puedan ser comparables los resultados entre los diferentes grupos de trabajadores en los sectores productivos.

La propuesta del proyecto es justamente dar a conocer la importancia que tiene desde el enfoque ergonómico, la antropometría es una de las técnicas y una herramienta de la ergonomía, ya que describe, analiza, calcula y evalúa los diferentes factores y características físicas de los trabajadores. Además, valora la parte funcional del trabajador (a), dado que incluye el estudio del perfil antropométrico y corporal, por ser uno de los tantos factores que influyen en la actividad laboral, desde el enfoque fisiológico, esfuerzo, levantamiento manual de carga, fatiga y factores biomecánico.

Los compartimientos corporales, pueden estudiarse como modelos multi-compartimentales o simplificarse, existen modelos que dividen el cuerpo humano para facilitar la valoración:

- a. Modelo de dos componentes: El cuerpo está dividido en masa grasa y masa libre de grasa.

Modelo químico de cuatro componentes: El cuerpo estaría compuesto por grasa, agua, proteínas y minerales.

- b. Modelo de fluidos metabólicos: Compuesto por grasa, fluido extracelular, fluido intracelular, sólidos intracelulares y sólidos extracelulares.
- c. Modelo anatómico: Compuesto por tejidos como son; tejido adiposo, tejido blando que no es músculo esquelético, tejido músculo esquelético, hueso.
- d. Modelo químico de cuatro componentes de Matiegka: Es el más utilizado en estudios antropométricos. El cuerpo se divide en masa grasa, masa muscular, masa ósea y masa residual.
- e. Modelo de cinco componentes (Drinkwater). Incluye al modelo de Matiegka, la piel como componente diferenciado del resto [6]. La diferenciación compartimental con mayor frecuencia aplicada al cuerpo humano es: fracción grasa (masa grasa) y fracción magra (masa libre de grasa) [2].

La siguiente técnica es de nuestro interés ya que será el objeto de estudio, que consiste en métodos doblemente indirectos que dependen de una relación estadística entre parámetros corporales fácilmente medibles y el componente corporal de interés [3].

Estos datos antropométricos son procesados mediante diferentes ecuaciones de regresión y formulas estadísticas para obtener información sobre la composición corporal. Estos datos nos van a aportar información sobre los componentes del cuerpo humano en los trabajadores, para conocer los porcentajes de grasa, masa muscular, masa ósea y residual. Uno de los objetivos del proyecto es hacer una recolección de métodos y técnicas antropométricas que puedan ser aplicables a grupos de trabajadores colombianos.

Esta técnica de medidas antropométricas que a continuación relacionamos para el análisis y cálculo de composición corporal que se recopilaron en el primer artículo titulado: selección y análisis de ecuaciones antropométricas para el cálculo de la composición corporal en adultos. De aquí se desprende las medidas que se tomaron para la composición corporal.

### 1) Grasa.

Representa la reserva energética corporal, que acompaña a la actividad metabólica de la masa magra. La función es energética y sirve de sostén y como un aislante térmico. Su densidad es de  $0.9 \times 10 \text{ hg./m}$  y se caracteriza por ser relativamente constante.

Teniendo en cuenta que para desarrollar estos métodos de estudio lo primero a tener en cuenta son los factores como: la diversidad de poblaciones con sus diferentes características en adultos, el cálculo de una serie de medidas antropométricas como los son; el peso, la estatura, los pliegues cutáneos de grasa, los diámetros óseos y los perímetros musculares que nos sirven como variables dependientes, predictores de la masa grasa y la masa libre de grasa. La medición de los panículos adiposos de grasa no es una técnica recomendada para calcular la composición corporal en obesos, ya que se dificulta la técnica y en la toma de medidas, por lo que se recomienda tomar pliegues de panículos adiposos y toma de perímetros cuando se van a evaluar a este tipo de sujetos [7].

El instrumento que se utiliza para medir los pliegues es el calibrador de panículo adiposo subcutáneo, la medida se toma en mm. (ver Fig. 4). Esto incluye una capa doble de piel y el tejido adiposo subyacente. El pliegue debe cogerse entre los dos índices y el pulgar y debe ser lo suficientemente grande como para que incluya una capa doble completa. La lectura se debe realizar unos dos segundos después de la aplicación del calibrador, cuando la aguja se detenga [8].



Fig. 4. Calibrador de pliegues.

Para el cálculo del porcentaje de grasa se toman seis pliegues: pliegue tricípital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y pierna [9]. Para el pliegue tricípital el calibrador se coloca a un centímetro distalmente de los dedos pulgar e índice, levantando un pliegue vertical en la línea radial acromial media marcada en la superficie posterior del brazo [8]. Algunos estudios realizados plantean que cualquier ecuación que utilice pliegues debe incluir: el abdominal, muslo medio y el subescapular ya que son los más representativos [10].

**Subescapular:** El calibrador se coloca a 1 centímetro distalmente de los dedos pulgar e índice, levantando un pliegue oblicuo al ángulo inferior del subescapular en una dirección oblicua en sentido descendente y lateral formando un ángulo de 45° a partir de la horizontal.

**Suprailíaco:** El calibrador se coloca a un centímetro distalmente de los dedos pulgar e índice, levantando un pliegue inmediatamente superior a la cresta iliaca en la línea axilar media. El pliegue sigue un sentido descendente en la parte anterior y suele hacerse más pequeño progresivamente a medida que se va alejando del emplazamiento designado.

**Abdominal:** El calibrador se coloca a un centímetro distalmente de los dedos pulgar e índice, levantando un pliegue vertical que debe elevarse horizontal al punto medio del ombligo y con un desplazamiento lateral de cinco centímetros.

**Muslo anterior:** El calibrador se coloca a un centímetro distalmente de los dedos pulgar e índice, levantando el pliegue en la parte anterior de muslo derecho siguiendo la línea del eje largo del fémur, cuando la pierna se ha flexionado por la rodilla en un ángulo de 90° al colocar el pie sobre una caja. Un procedimiento práctico es medir el pliegue al sujeto en posición sedente [8].

El porcentaje de grasa es la fracción relativa de la masa grasa corporal total. Se accede a su cálculo a través del modelo fundamental de la composición corporal, mediante los diferentes procedimientos para su determinación. La cantidad normal para hombres es de 15 % y para mujeres 22 %. Para obesos en hombres más del 25 % y para mujeres obesas con más del 33 % [11]. En otro documento se menciona el porcentaje de grasa ideal:

Tabla III. Porcentaje de grasa ideal

| Clasificación    | Mujeres | Hombres |
|------------------|---------|---------|
| Delgado          | < 15 %  | < 8 %   |
| Óptimo           | 13-20 % | 8-15 %  |
| Ligero sobrepeso | 21-25 % | 16-20 % |
| Sobrepeso        | 25-32 % | 21-24 % |
| Obeso            | > 32 %  | > 25 %  |

Fuente: Wilmore, Fleck, y Lohman. En: Esparza, 1993.

## 2) Masa muscular:

La cuantificación de la masa muscular, ha tenido un interés por conocer los aspectos de la composición corporal y su relación con el estado de las reservas proteicas, la capacidad termorreguladora y la independencia funcional. El tejido muscular empieza a perderse de manera progresiva en ambos sexos, partir entre los 40 y 45 años. Así mismo, se presenta una disminución de la fuerza en un 20 % hacia los 65 años. Adicionalmente, conlleva a la disminución de la frecuencia cardiaca máxima en mujeres y hombres [12].

## 3) Peso óseo:

La masa ósea es uno de los componentes que influye sobre el peso corporal, esta varía en los diferentes grupos humanos, esta se puede calcular a partir de diámetros óseos con el calibrador de ramas cortas, se utilizan fórmulas para calcular el peso óseo.

## 4) Superficie corporal:

Con el peso y la estatura se puede calcular la superficie corporal, existen 11 fórmulas que a continuación mencionaremos: Mosteller, 1987. Haycock, 1978. Biering, 1934. Dubois-Dubois, 1916. Boyd, 1939. Gehan, 1970. Isackson, 1936. Breitman, 1932. Von Schelling, 1954. Vierordt, 1906 y Bardeen 1920.

## VII. COMPOSICIÓN CORPORAL Y APLICACIÓN

El estudio de la composición corporal, posibilita el análisis de las variaciones en los componentes corporales para diferentes estudios como son: la temperatura corporal, los cambios origi-

nados por el balance energético y la actividad laboral, así como el conocimiento sobre el estado nutricional. El aspecto físico del trabajador (a), el equilibrio óptimo entre el peso corporal y la relación adecuada entre el peso graso y peso libre de grasa. Finalmente, el perfil de distribución de grasa y el desarrollo muscular, asociado a la actividad laboral.

La antropometría es útil para hacer estudios de composición corporal, por la rapidez, seguridad y bajo costo [5]. Mientras que algunos métodos son de alto costo, por los aparatos y requerimiento de personal especializados para el manejo de los mismos. Otros presentan riesgos de radiación por el tiempo necesario para la obtención de información.

Sin embargo, el uso de las variables antropométricas para valorar la composición corporal, tiene inconvenientes por lo que recomendamos tomar algunas medidas. La primera recomendación es seleccionar y aplicar ecuaciones que hayan sido validadas en la población que se va a estudiar, para reducir el error debido al efecto de las variaciones poblacionales, principio de la especificidad poblacional de las ecuaciones de estimación. En ese sentido, se recomienda aplicar ecuaciones específicas, si se realiza el estudio en poblaciones definidas como la población trabajadora colombiana. Para aplicarla se debe tener en cuenta la edad de los evaluados, el sexo, la diversidad dentro del grupo específico, la diversidad de los grupos. Tratando de buscar semejanzas en las poblaciones y grupos de referencia estudiados [13].

Como se mencionó anteriormente, existen diversos métodos para recolectar información y datos de mediciones antropométricas, algunas tienen ventajas y otras limitaciones. Existen diferentes modelos, métodos y técnicas para evaluar la composición corporal. La elección de estos, depende del objetivo del estudio, del grado de precisión y exactitud que requiera la evaluación, los recursos, la tecnología y medios disponibles de instrumentos de medición.

## VIII. CONCLUSIONES

La evaluación de la composición corporal es cada vez más importante y necesaria por su aplicación a la ergonomía y para el sistema de gestión de la

seguridad y salud en el trabajo. Estos métodos y técnicas pueden ser una herramienta para evaluar las condiciones de salud de los trabajadores, evaluar el estado nutricional, para estudios de biomecánica y levantamiento manual de carga entre otros. Para la elección del método según las ecuaciones que fueron seleccionados en el anterior artículo para evaluar la composición corporal, debemos tener en cuenta los siguientes criterios: seleccionar ecuaciones con validez específica para los grupos a evaluar. Elegir las ecuaciones más aceptadas para cada grupo seleccionado, utilizar ecuaciones que contengan parámetros antropométricos significativos (validados por métodos directos) para la predicción de cada uno de los componentes corporales.

Por otro lado, la ventaja de estos métodos y técnica radica en su bajo costo y no requieren de aparatos complejos. En conclusión, se requiere de la revisión de nuevos métodos y su validación, conocimientos más profundo de la características morfológicas de los trabajadores. Se sugiere diseñar tablas antropométricas de composición corporal sobre la población trabajadora colombiana, cuyo objetivo es servir de parámetro de comparación en los estudios de composición corporal.

## REFERENCIAS

- [1] F. Esparza, Manual de cineantropometría. Colección de monografías de medicina del deporte. España. 1993.
- [2] J. Sirvent & R. Garrido, Valoración antropométrica de la composición corporal. Universidad de Alicante. España. 2009.
- [3] M. Gibney, H. Vorster y F. Kok, Introducción a la nutrición humana. Editorial Acribia. España. 2005.
- [4] M. Casanova, Técnicas de valoración del estado nutricional. Vol. 11. No.1. Pp. 26-35. Vox Paediatrica. España. 2003.
- [5] J. Aristizabal, M. Restrepo & E. Estrada, Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. Biomédica. Vol. 27. No. 2. Pp. 216-224. Instituto Nacional de Salud. Colombia. 2007.
- [6] M. Sillero, Teoría de kinantropometría. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Politécnica de Madrid. España. 2005.
- [7] J. Alvero, M. Cabañas, A. Herrero, L. Martínez, C. Moreno, J. Porta, M. Sillero, Protocolo de valoración

- ción de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Vol. XXVII. No. 139. Archivos de medicina del deporte. España. 2010.
- [8] J. MacDougall, H. Wenger & H. Green, Evaluación fisiológica del deportista. Paidotribo. España. 2000.
- [9] R. Garrido, Manual de antropometría. Wanceulen editorial deportiva. España. 2005.
- [10] W. Carvajal, Y. Deturnell, I. Echevarría, M. Martínez & M. Castillo, Protocolo de valoración de la composición corporal para el control cineantropométrico del entrenamiento deportivo. Vol. 5. No. 3. Pp. 1-22. Revista Cubana de Medicina del Deporte. 2011.
- [11] Malagón, Manual de antropometría. Editorial Kinesis. Colombia. 2004.
- [12] S. Arboleda, La composición corporal asociada al estado de salud como condicionante del ejercicio físico en adultos mayores. Universidad del Valle.
- [13] F. Rodríguez, Diferencias en la composición corporal y actividad física en estudiantes universitarios según año de ingreso. 18 (3). Pp.474-481. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Chile. 2015.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DESDE LA PERSPECTIVA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍAS

*The teaching of physics from a significant learning  
perspective in engineering students*

JUAN GUILLERMO NUÑEZ OSUNA<sup>1</sup>

*Recibido: 17 de abril de 2018. Aceptado: 02 de mayo de 2018*

*DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a50>*

## RESUMEN

La física como rama de las ciencias fácticas está estrechamente relacionada con el campo de formación de los futuros ingenieros dados los procesos teórico-prácticos que desarrollan en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en nuestro caso nos centramos en el aprendizaje significativo dadas las ventajas que presenta como estrategia porque nos conduce a diferentes aplicaciones en contexto. Nuestro objetivo general es el de implementar una propuesta pedagógica centrada en el aprendizaje significativo para fortalecer el aprendizaje de la física en los estudiantes de ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. Nuestro enfoque es mixto mediante el uso de un diario de campo, una guía de experimentos, una matriz de evaluación de actividades como instrumentos cualitativos los cuales contienen unos indicadores importantes para el estudio del proceso y una matriz de evaluación de proyectos como instrumento cualitativo donde personas exteriores al proceso evalúan las propuestas de los estudiantes. De la propuesta pedagógica implementada se logra potenciar la comprensión y aplicación de los conceptos y teorías de las temáticas vistas durante las clases como resultado del componente teórico-práctico desde el aprendizaje significativo en coherencia con la naturaleza teórica-práctica de la física como rama de las ciencias naturales.

**Palabras clave:** Aprendizaje significativo, motivación, creatividad, adaptación curricular, desarrollo intuitivo y desarrollo del pensamiento científico.

## ABSTRACT

Physics as a branch of factual science is closely related to the field of training of future engineers given the theoretical-practical processes that develop in the teaching-learning process and in our case we focus on meaningful learning given the advantages presented as a strategy because it leads us to different applications in context. Our general objective is to implement a pedagogical proposal focused on meaningful learning to strengthen the learning of physics in the engineering students of the Republican University Corporation. Our approach is mixed through the use of a field diary, a guide of experiments, a matrix of evaluation of activities as qualitative instruments which contain important indicators for the study of the process and a matrix of evaluation of projects as a qualitative instrument where people external to the process evaluate the proposals of the students. From the pedagogical proposal implemented it is possible to enhance the understanding and application of the concepts and theories of the topics seen during the classes as a result of the theoretical-practical component from the meaningful learning in coherence with the theoretical-practical nature of physics as a branch of the natural Sciences.

**Keywords:** Significant learning, motivation, creativity, curricular adaptation, intuitive development and development of scientific thinking.

---

1 Lic. en matemáticas y física Universidad de los Llanos. Especialista en docencia Universitaria y Magíster en Educación Universidad Cooperativa de Colombia. Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Corporación Universitaria Republicana. Docente de la licenciatura en matemáticas y especializaciones en la Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD. Correo electrónico: [juannuosuna@gmail.com](mailto:juannuosuna@gmail.com)

## I. INTRODUCCIÓN

ESTA INVESTIGACIÓN pone de manifiesto una vez más la trascendencia que tienen las ciencias naturales para el desarrollo de los pueblos y la importancia que tienen para la formación de todos los profesionales en especial aquellos cuyo campo de formación profesional está relacionado con el campo de las ingenierías como es nuestro caso, porque este se aplica para los estudiantes del curso de física I y laboratorio y física II y laboratorio, Ondas y óptica. De otra parte, la naturaleza de este trabajo teórico –práctico genera en esta población la posibilidad de adquirir un aprendizaje significativo necesario para su perfil ocupacional en los diferentes ámbitos y contextos.

Adicionalmente a lo anterior es importante conocer e identificar diferentes curiosidades y aplicaciones en nuestro contexto, dado que esta ciencia está estrechamente relacionada con el conocimiento y cuidado del medio ambiente porque no podemos desconocer que forma parte de las ciencias fácticas. Para el desarrollo de esta propuesta vamos a aplicar el método mixto dado el impacto que tiene tanto lo cualitativo como lo cuantitativo dividido en dos fases:

Una de experimentación y la otra de comparación de resultados con ayuda de las cuales se hace posible la construcción de unas matrices de tipo cualitativo y cuantitativo. El estudio y procesos de formación en la clase de física están asociados por un lado a la misma naturaleza cuya correspondencia se asocia a las ciencias naturales y la otra es la incorporación del método científico como componentes facilitadores del aprendizaje significativo en los estudiantes. [1].

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### A. Aprendizaje significativo desde la perspectiva de la física

Para Ausubel y Novak (mencionados por Antoni Ballester, 2002) el proceso de adquirir información produce una modificación tanto en la información adquirida como en la estructura cognoscitiva[2][3] porque en la construcción de conocimiento encajan todas las piezas de forma coherente según en el siguiente esquema que se propone (ver figura 1).

De esta manera el aprendizaje significativo se convierte en un proceso que perdura a largo plazo porque gracias a este se hace posible el crecimiento del potencial, desarrollo de autoestima, altos niveles de motivación en razón a la delimitación de los conceptos, el análisis e interpretación del cuerpo de conocimiento desde el componente teórico y práctico, junto con el desarrollo cognitivo, finalmente la conexión que se hace entre las ideas previas y el nuevo conocimiento. Seguidamente encontramos el aporte que se hace en lo relacionado con la comprensión necesario para la zona próxima (referida al desarrollo efectivo y el nivel de potencial del estudiante que se puede desarrollar mediante la orientación del docente) estos componentes de naturaleza individual y personal acorde con las estructuras de conocimiento y el desarrollo social de los estudiantes.

De otra parte, en el campo de la enseñanza encontramos que desde la labor docente debe reconocer la heterogeneidad dados los diferentes ritmos de aprendizaje, el entorno, las actitudes y aptitudes la memoria entre otros componentes que ge-

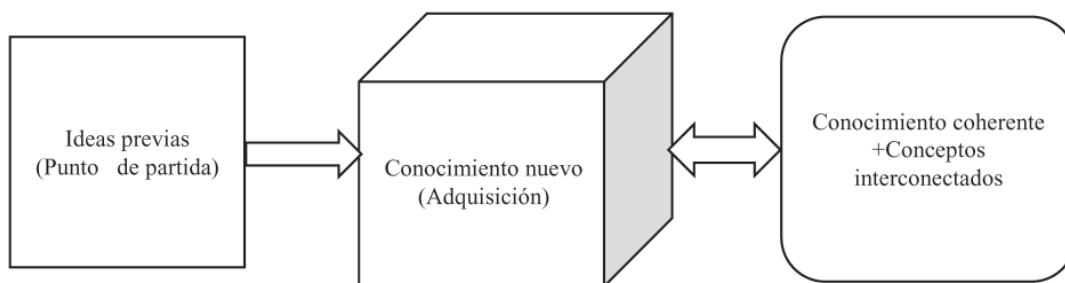


Fig. 1. Relaciones para la construcción de conocimiento desde la perspectiva del aprendizaje significativo.

Fuente: Elaboración propia



neran una gran riqueza y diversidad importantes y necesarios en los procesos de enseñanza – aprendizaje. Al respecto encontramos a González, F (mencionado por Ballester, A, 2002) el aprendizaje escolar consiste en la asimilación de conceptos nuevos, sus diferentes relaciones e interconexiones entre ellos y la intuición del conocimiento para la construcción de estructuras cognitivas [3].

Realmente el aprendizaje es una corriente que se adapta a muchos campos del conocimiento entre ellos las matemáticas dada la facilidad que presenta en lo relacionado con el trabajo en contexto, la construcción de representaciones de diferentes formas y maneras con ayuda de nuestra naturaleza centrados en la atracción de la atención por parte de los estudiantes con el propósito de impulsarlos a la creación de diferentes productos por fases y en coherencia con las temáticas a tratar.

La matriz de fase inicial como primera etapa de contextualización del proceso de los diferentes conceptos y teorías para el desarrollo de los proyectos como manifestación del componente práctico es el momento en el cual el concepto se conecta con la nueva idea o nuevo conocimiento situaciones que realmente captan la atención de nuestros estudiantes convirtiéndose en una ruta pedagógica para la apropiación de los conceptos de manera integral.

## B. Trabajo abierto

Para Ausubel, Novak y Hasenian (mencionados por Ballester, A, 2002) todos los nuevos aprendizajes se conectan con las ideas previas dado que por principio nunca accedemos a proceso de enseñanza y aprendizaje sin algún tipo de conocimiento porque ellos se constituyen en una estructura cognoscitiva [3]. Igualmente, el trabajo abierto se conforma en un facilitador de esta labor porque hay una correspondencia entre las temáticas, conceptos propiedades y teoremas con los mecanismos que construyen en física como una experiencia de aprendizaje en contexto.

El trabajo en equipo es otro componente fundamental dentro del aprendizaje significativo permitiendo la generación de diferentes y diversas ideas con ayuda de los aportes dentro los integrantes del equipo y los procesos, el cual tiene las siguientes ventajas: hay mayor motivación, facilita

la consecución de las metas, hay mayor compromiso en lo relacionado con el análisis y la toma de decisiones en lo relacionado con el logro de las metas, mayor cantidad de ideas para el desarrollo de actividades porque varias cabezas piensan más que otras, mas creatividad porque hay diferentes aportes de todas y todos, mayor comunicación dado que se produce mayor cantidad de información y mejores resultados porque de esta manera se pueden repartir las cargas.

## C. Motivación

La motivación es un componente muy interesante y fundamental en el ámbito educativo porque desde ella es posible pensar y focalizar toda la atención de los estudiantes hacia el desarrollo de todas las diferentes tareas por desarrollar, al respecto nos encontramos con dos tipos de motivaciones ellas son:

- Intrínseca

Es aquella relacionada con la motivación propia que tenemos desde el momento en que nacemos, referida con el desarrollo de tareas de manera más eficaz y efectiva en un tiempo muy corto.

- Extrínseca

Es aquella motivación de naturaleza exterior, por ello es posible reforzarse positiva o negativamente por ejemplo:

“La ganancia de una salida por parte de mi papa o mi mama por conseguir una buena nota en el colegio”

El ideal es una combinación de las dos por la primera potencia, las cualidades y la otra potencia y complementa la motivación desde los factores exteriores en los procesos de enseñanza y aprendizaje porque gracias a ellas se fortalecen por lado la curiosidad científica y el nivel de interés.

Finalmente al respecto debemos mencionar que la motivación en lo referente con la psicología educativa nos permite establecer una trazabilidad y correlación entre los diferentes componentes de los procesos educativos de la siguiente manera (ver figura 2).

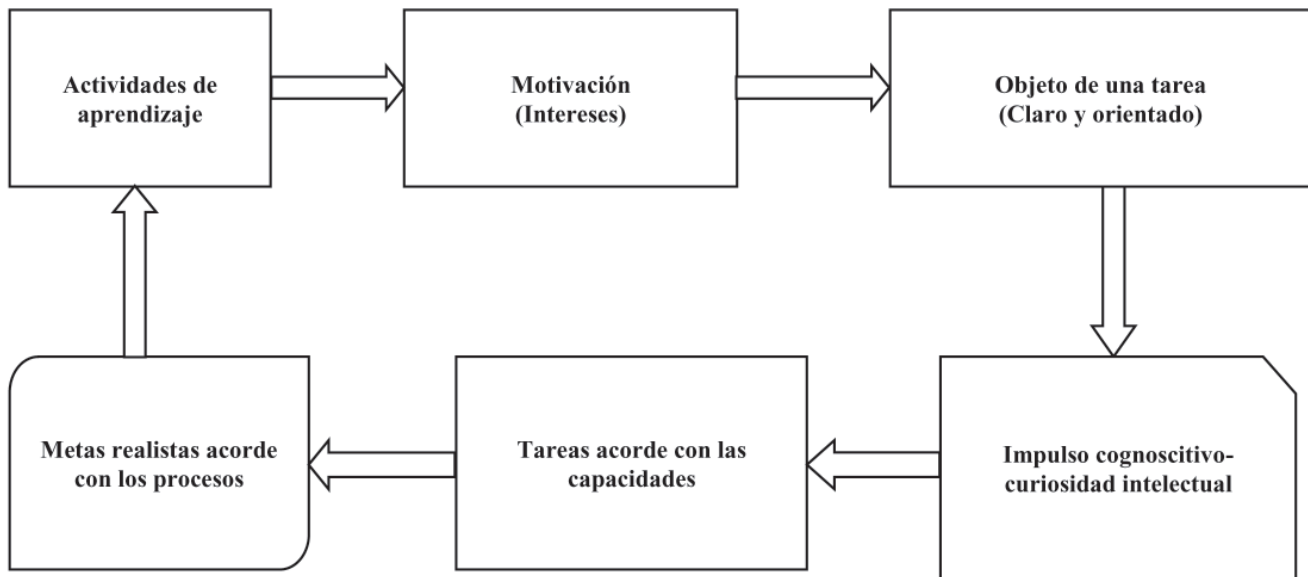


Fig. 2. Ciclo motivacional, sus componentes y elementos. Fuente: Elaboración propia

Como cierre parcial del componente motivacional debemos considerar que este se asocia con las actividades dentro de las aulas de clase porque permite el refuerzo positivo, para su planeación se necesita tanto de materiales como actividades y tareas atractivas además de motivantes directa con el aprendizaje, un alto impacto en lo relacionado con la masiva participación de los estudiantes en el desarrollo de las actividades con lo cual se garantiza la mejora del clima escolar.

#### D. La creatividad

La creatividad es una de las potencialidades más importantes de la humanidad desde el componente de la imaginación, la inventiva, la flexibilidad y la divergencia dentro del campo de la docencia necesarios para todos los procesos educativos como potencialidades irremplazables para el desarrollo de todas y todos los estudiantes en especial dentro del campo de la estadística. De otra parte esta es abierta y activa desde el pensamiento creativo mediante la combinación de conceptos, posibles soluciones con apoyo del pensamiento divergente dado que en este caso se hace posible ver todas las cosas de diferentes maneras.

Desde el pensamiento creativo y divergente se generan diferentes ideas porque gracias a este se generan fluidez, flexibilidad, originalidad, habilidades fuera de lo común, respuestas especiales para

darle solución a una situación propuesta que en nuestro caso es el diseño de un mecanismo con ayuda de las temáticas desarrolladas en clase, al respecto Amegan (mencionado por Ballester A, 2002) reconoce lo siguiente [3]:

“Una atmosfera abierta, presentar aspectos contradictorios, se aparta del pensamiento lineal y rígido y responde a la necesidad emocional, autorregulación y modificar el medio cercano”

Los recursos divergentes facilitan el desarrollo del pensamiento creativo de los docentes y de los estudiantes, potenciar la creatividad y la divergencia mediante la manipulación de los materiales evidenciados en los resultados innovadores y diversificados. Este tipo de aspectos propicia la conexión de los conceptos y los resultados para la comprobación de los resultados positivos tanto para enseñar cómo para aprender generando grandes potencialidades creativas importantes para consolidar el aprendizaje significativo.

Seguidamente el pensamiento creativo está relacionado directamente tanto con la inteligencia para potenciar el aprendizaje y la inteligencia de los estudiantes con lo que se pretende dar respuestas a preguntas tales como [3]:

¿Cómo modificar? ¿Cómo agrandar? ¿Cómo alargar? ¿Cómo multiplicar? ¿Cómo emplear varias veces?

Generando producciones creativas, la divergencia está asociada a la fluidez, la flexibilidad es la habilidad para encontrar diferentes enfoques y varias soluciones, la originalidad entendida como la capacidad de producir asociaciones muy distantes entre los objetos y las ideas, la elaboración para el desarrollo de los objetos e ideas, originalidad y elaboración para dar solución a múltiples tareas e ideas. El trabajo que se desarrolla al respecto está asociado al pensamiento creativo y flexible porque cada estudiante o grupo de estudiantes pueden desarrollar unos productos o tareas acorde con las potencialidades e intereses para darle solución a una situación problema planteado, generando resultados innovadores y variados con una serie de distintas perspectivas.

### E. Adaptación curricular

Esta labor según Jesús Garrido y Rafael Santana (mencionado por Ballester A, 2002) la adaptación curricular corresponde a modificaciones necesarias para hacer transformaciones adecuadas a situaciones, grupos o personas para respuesta a máximas responsabilidades de las actuaciones desde el punto de vista del componente didáctico [3]. Seguidamente los estudiantes aprenden desde una doble dirección de los maestros y de sus compañeros, el trabajo en equipo y el aprendizaje significativo permiten la adaptación curricular dado que desde ella se hace posible que los estudiantes aprendan entre sí porque la escolarización y la integración en el aula de clase conduce a la atención compartida tanto por los estudiantes y los docentes.

De otra parte está demostrado que la zona de desarrollo próximo y el aprendizaje se hace posible con ayuda de la interacción del estudiante con sus compañeros para desarrollar mayores capacidades y habilidades frente al conocimiento y el entorno, el trabajo abierto se convierte en facilitador del trabajo acorde con las capacidades. Seguidamente el trabajo de la zona próxima está asociado con las habilidades sociales para el desarrollo de los estudiantes ante una respuesta efectiva en situaciones particulares facilitando el desarrollo de relaciones positivas con otras personas porque en nuestro caso de la física en la construcción de unos mecanismos poniendo de manifiesto la comprensión de las temáticas desarrolladas en contexto.

La conformación de grupos de trabajo entre estudiantes funcionan de manera puntual para aquellas situaciones en las que producen condiciones pedagógicas particulares entre ellas una línea pedagógica, integrar las personas, dar solución a situaciones a corto, mediano y largo plazo. Lo anterior fue posible gracias a la socialización entre los iguales importantes para potenciar el rendimiento académico y la solución de problemas o situaciones planteadas entendida como una ventaja del trabajo colaborativo como un campo fundamental desde el cual se hace posible y más fácil la comprensión y el aprendizaje significativo.

La práctica de la adaptación curricular se hace desde el punto de vista de los materiales, la motivación, procesos curriculares menos complejos y más contextualizados, uso de diferentes estrategias didácticas para responder a las diferentes necesidades, la diversidad en los materiales, exposición didáctica del profesorado, focalización y garantía de los conceptos y componentes básicos dentro del campo de la física con un campo específico de estudio.

Como cierre parcial de este componente debemos reconocer que las adaptaciones curriculares como facilitador del aprendizaje significativo están el trabajo colaborativo, contexto, las adaptaciones de los estudiantes al currículo, centrar la clase en las intervenciones y trabajos de los estudiantes de acuerdo con sus necesidades, es así como desde las temáticas desarrolladas en los cursos de física I y II y laboratorio, óptica y ondas y acorde con lo revisado anteriormente tenemos para nuestro caso los siguientes productos (ver tabla I).

## III. COMPETENCIAS EN CIENCIAS NATURALES

### A. Concepto de ciencia

En el siglo XIX el término ciencia era concebido como la observación directa de los hechos, entendidos estos como fenómenos sujetos a leyes invariantes, es así como los científicos estaban dedicados a la descripción de la naturaleza, describir sus leyes, demostrarlas y verificarlas por intermedio del proceso de experimentación. De otra parte, ya hacia el siglo XX dicha concepción se extiende a la exploración de la realidad,

Tabla I. Productos con referencia a las temáticas.

| Temáticas  | Proyectos                    | Integrantes   |
|--|------------------------------|---|
| Física I y laboratorio:<br>Los conceptos de magnitudes escalares y vectoriales, cinemática, leyes de Newton, trabajo, potencia y energía y sus aplicaciones  | High tech wheels             | Juan Acero, Andrés Quintero, Camilo Reina, Johan Aguilar y Julian Rojas               |
|  | Catapulta                    | David Báez, Sergio Vanegas y Fabián López   |
|  | Apolo 18                     | Andrés Carvajal, Jhonier Otiz, Santiago Pulido y Roys Polo                            |
|  | Generador de energía         | Sebastián Montaña, Alejandra Orjuela, Yineth Benítez, Miguel Ávila y Alejandra Garzón |
| Física II y laboratorio<br>Los conceptos de las leyes de Newton, estática, mecánica de fluidos y movimiento armónico simple y sus aplicaciones   | Puente hidráulico            | Mateo Arévalo, Alex Guerrero, Giovany Niño y Kevin Fernández                          |
| Ondas y óptica<br>Los conceptos de movimiento oscilatorio, pendular, armónico simple, cualidades del sonido, efecto Doppler, espejos, lentes, ley de Snell, experimento de Young y fotometría y sus aplicaciones | Nocturlabio                  | Evelin Valbuena, Karen España y Robinson González                                     |
|  | Catadrioptrico y reflectores | Erica Alegría   |
|  | Telescopio                   | Astrid Acero, Angie Baquero y Gellen Reyes  |
|  | Ojo óptico                   | Laura Cruz Osma   |
|  | Telescopio reflector         | Claudia Johana González   |
|  | Doble refracción             | Melisa Ortiz, Geraldine Lozada  |

Fuente: Elaboración propia.

construcción y resignificación de experiencias, modelos, teorías para la comprensión de la realidad para poder transformar las realidades y el desarrollo de las realidades.

### B. Del desarrollo intuitivo al conocimiento científico

El carácter activo de todos los seres humanos desde los inicios de la humanidad está asociados a

la relación con los demás, los fenómenos observados y explicados en todo lo relacionado con el entorno, por tanto, desde el punto de vista de las ciencias se pretende que los estudiantes se acerquen al conocimiento científico siendo punto de partida para el conocimiento del entorno, por ejemplo, tenemos lo siguiente:

Aquellos objetos que caen o se lanzan, desarrollan en los niños la noción de trayectoria eviden-

ciadas como pequeñas elaboraciones conceptuales o ideas previas permiten un acercamiento al conocimiento científico. Gracias a este tipo de prácticas genera en los estudiantes desde etapas tempranas el desarrollo de cuestionamientos científicos, juicios críticos y razonamientos importantes para la generación de nuevas comprensiones y búsqueda de alternativas de solución. Seguidamente, este proceso hace posible gracias a las ideas previas como punto de partida para poder construir elaboraciones cada más complejas, elaboradas y argumentadas, la racionalidad científica articuladas con los procesos pedagógicos para construir el conocimiento científico desde la conjeturación, explicación y sustentación desde los diferentes puntos de vista.

### C. Desarrollo del pensamiento científico, capacidad de valorar críticamente, aprendizajes significativos y trabajo colaborativo

El desarrollo del pensamiento científico hace posible el fomento de la capacidad de pensar analítica y críticamente apoyados en la capacidad de evaluar la calidad de la información, la impresión de los sentidos, el cambio de opinión desde los datos convincentes o contundentes para darle solución a los problemas planteados. Por otra parte, la capacidad de valoración crítica de la ciencia desde la responsabilidad social, permite valorar y potenciar las ciencias como una alternativa importante para mejorar la calidad de vida frente al consumo de publicidad, relaciones costo vs beneficio y la calidad de los productos entre otros como un proceso de responsabilidad social.

En lo referente con el aprendizaje significativo, está asociado a procesos extensos y complejos dada la relación que tiene con formulación de diferentes interrogantes y sus posibles soluciones para poder tener un acercamiento a la rigurosidad científica desde la indagación para comprender las formas de transformación y facilitar la generación de nuevos conocimientos que se aplican en un contexto.

El trabajo colaborativo parte del principio que el aprendizaje se hace posible desde el hacer con ayuda de los pares mediante pequeñas comunidades científicas facilitado desde las responsabilidades individuales y colectivas principio que impacta en la generación de mejores sociedades, gracias a

estas en los contextos escolares se hace posible la preservación de posturas críticas y reflexiones sobre las prácticas propias y de sus pares.

## IV. CONCEPTOS DE FÍSICA

### A. Cinemática

Al respecto en este campo se consideran varios componentes entre ellos están los siguientes:

#### 1) Marcos de referencia

Corresponden sistemas de coordenadas para realizar la descripción del movimiento de una partícula o cuerpo con respecto a la posición y el tiempo de este.

#### 2) Desplazamiento

Es el campo de posición que sufre un cuerpo o partícula partiendo de una posición inicial a una posición final.

$$\Delta x = X_f - X_i$$

#### 3) Trayectoria

Está relacionada con todos los puntos que recorren una partícula o cuerpo en la unidad de tiempo.

$$\Delta x_{\text{total}} = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$$

#### 4) Espacio

Corresponde al valor absoluto de la trayectoria.

$$\Delta_{\text{total}} = |x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n|$$

#### 5) Velocidad y aceleración

La velocidad corresponde a la variación de la distancia con relación al tiempo y la aceleración es la variación entre la velocidad con relación al tiempo.

#### 6) Caída libre

Es el movimiento de una partícula o cuerpo sin velocidad inicial en favor de la dirección de la aceleración de gravedad.

## B. Leyes de Newton

### 1) *Inercia*

Un cuerpo permanece en estado de movimiento o reposo rectilíneo a no ser que actúa una fuerza externa.

### 2) *Ley del movimiento*

La aceleración de directamente proporcional a fuerza e inversamente a la masa del cuerpo.

### 3) *Accion y reaccion*

A toda acción se opone una reacción de igual magnitud, pero en sentido contrario.

## C. Optica

### 1) *Espejos esféricos*

Es una porción esférica que es reflectante al interior cóncavo o exterior convexo.

### 2) *Lentes*

Es una superficie transparente que refracta cuando es convergente y se dispersa cuando es divergente.

### 3) *Refraccion de la luz*

Es el cambio de velocidad que sufre un rayo luminoso al pasar de un medio a otro de diferente densidad.

Una guía de experimento donde los estudiantes tienen la oportunidad de proponer diferentes experiencias sobre las temáticas propuestas dentro del syllabus considerando la oportunidad de confrontar la teoría con la práctica estableciendo los objetivos, montaje, procedimientos y conclusiones sobre el proceso desarrollado.

Una matriz de evaluación de actividades de doble entrada con estructuras entre las cuales se tienen la comprensión, el análisis, la evaluación y la percepción y los componentes entre ellos tenemos: conceptos, registros, observables y afectivo esta tiene como propósito dar la posibilidad a los estudiantes la oportunidad de identificar los componentes y aspectos positivos encontrados y aquellos por mejorar.

Una matriz de evolución de los proyectos aplicado durante la muestra de ciencias básicas e ingeniería como instrumento de cierre del proceso con valores cuantitativos en una escala entre 10 y 50 desde el cual se consideran aplicaciones físicas, presentación, manejo del tema, profundidad, organización y respuestas acertadas con base en este instrumento se pudo identificar la percepción que tienen los visitantes sobre los desarrollos de los procesos dados por los estudiantes durante el desarrollo de la propuesta.

Los métodos mixtos mencionados por Van y Cole (2004) quienes lo denominan metodología sintética interpretativa porque desde ellos se hace posible un análisis y estudio integral dada su enfoque cualitativo y cuantitativo, así mismo Creswell y Clark (2006) apoyan este tipo de procesos porque es gracias a ellos que se hace posible el uso de una gran variedad de instrumentos diferentes y diversos necesarios para poder identificar todos tipos de variables existentes dentro de ellos.

El planteamiento mixto desde el enfoque cualitativo y cuantitativo tiene preguntas de investigación y objetivos desde los cuales se exploran componentes interconectados de tipo variable y constante importantes para producto final o reporte de estudio según lo mencionado por Tashakkori y Creswell (2007) con un abordaje mucho más completo y concreto.

De otra parte, generan debates abiertos manifestados en la escritura de preguntas separadas,

## V. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se apoya en el enfoque mixto, para este tipo de investigación se usó un diario de campo cuyo propósito era el de contextualizar y teorizar sobre las temáticas a tratar, en ella encontramos el paso a paso del proceso, las perspectivas donde se mencionan los elementos, ideas y conclusiones de la tarea desarrollada.

Una matriz de fase inicial (diario de campo) desde la cual se contextualizan documentos de lectura con el desarrollo y conclusiones como ideas generales que dejan dichas lecturas.

redacción de preguntas mixtas e integradoras según lo mencionado por Creswell y Clark (2007) evidenciado en nuestra pregunta general tal que:

¿Qué cambios se pueden hacer en la clase de física de los estudiantes de ingenierías para mejorar la comprensión de las temáticas programadas en el syllabus?

En lo relacionado con la justificación Creswell (2009) “ sugiere que el investigador esboce una breve historia de la evaluación de los métodos mistos e incluya una definición, debido a estos son relativamente nuevos en las ciencias. Esto debe hacerse solamente cuando el planteamiento se presenta ante una comunidad”.

Los cursos de física I y laboratorio, física II y laboratorio, óptica y ondas de los programas de ingeniería de sistemas e ingeniería industrial se realizó con 32 estudiantes.

## VI. RESULTADOS

La metodología usada para analizar los resultados es el diseño exploratorio DEXPLoS que según lo expuesto por Hernández Sampieri y Mendoza (2008) y Creswell et al 2008 en ella se seleccionan, analizan e interpretan datos cuantitativos y cualitativos para luego compararlos y hallar la trazabilidad entre los diferentes instrumentos, tal como se muestra a continuación:

### Análisis y resultados cualitativos

#### A. Matriz de fase inicial (Tabla II)

#### B. Guía de experimentos (Tabla III)

#### C. Matriz de evaluación de actividades (Tabla IV)

Con referente a este componente se utilizó una matriz de doble entrada dada que ella permite reconocer e interpretar las diferentes y diversas relaciones que se generan dentro de este caso, adicionalmente ella refleja en general lo establecido por los estudiantes mediante el trabajo grupal entre pares dado como uno de los componentes principales del aprendizaje significativo.

Tabla II. Resultados de matriz de la fase inicial

| Datos         | Resultados   |
|---------------|--|
| Ideas previas | Entender fenómenos astronómicos y conceptos físicos, valorar la importancia de la observación, identificar y las diferentes formas de vida y marcos de referencia, identificar las condiciones necesarias para la vida y para el cuidado del medio ambiente. |
| Mapa mental   | El ciclo de imágenes encontradas con ayuda del láser de nano sondas y otros componentes  |
| Conclusiones  | Lograr entender y comprender la distancia entre la tierra y el sol, algunas de sus teorías y otros componentes dentro del estudio de la física   |

Tabla III. Resultados de la guía de experimentos.

| Datos         | Resultados   |
|---------------|--|
| Objetivo      | Estudiar el movimiento en general desde la distancia, la velocidad y sus trayectorias  |
| Materiales    | Pelota de goma, canicas, arandelas, pitillos, hilo cartón paja   |
| Procedimiento | Medir distancias y tiempos para sacar promedios; colocar un trozo de hilo, colocar las arandelas, posteriormente colocar un palillo y colocar otro atado para sostener el anterior y utilizar una hoja papel, pegarla a un cartón y luego realizar las marcas de los barcos construidos en cartón. |
| Conclusiones  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La dirección de un objeto depende del punto de observación.</li> <li>• El movimiento de las ruedas de un tren se pueden observar diferentes movimientos</li> <li>• Se establece la relación entre la distancia y la velocidad</li> </ul>                  |

Tabla IV. Resultados de la matriz de evaluación de actividades.

| ESTRUCTURAS<br>COMPONENTES | COMPRESION  | ANALISIS   | EVALUACION  | PERCEPCION   |
|----------------------------|---|--|---|--|
| CONCEPTOS                  | Velocidad, altura, tipos de distancias, medición de tiempos y caída libre   | Se determinaron diferentes puntos de vista con respecto a las velocidades, el movimiento rectilíneo y el circular guardan relación entre sí. | Se identifican los diferentes componentes de los conceptos y se tienen en cuenta los componentes de caída libre.  | Se tuvo la claridad de los conceptos establecidos y sus diferentes aplicaciones                              |
| REGISTROS                  | Se realizaron registros de tiempos, distancias, medidas de los materiales y la velocidad de desplazamiento de los barcos.                       | Se realizaron diferentes mediciones y registros, determinar las características de las trayectorias y velocidades.                           | Las medidas de los materiales, los tiempos, velocidades y diferentes relaciones                                   | Se pueden registrar diferentes puntos de vista de los barcos y encontrar la correlación entre las variables. |
| OBSERVABLE                 | La posición es independiente de la distancia, la altura desde la cual los objetos determinan su velocidad y los marcos de referencia determinan | Los barcos son vistos de diferentes puntos de vista, demostrar las cualidades de los movimientos y la  | Se encontró una coherencia entre las velocidades y las alturas, una relación entre las posibilidades y los puntos | Se encontró una relación directamente proporcionalidad entre la altura y la velocidad y los                  |

### Análisis y resultados cuantitativos

$$X_{\text{prom}} = 4.6090 \quad S = 13.89\%$$

#### D. Matriz de evaluación de los proyectos

#### Análisis cuantitativos y cualitativos (Tabla VI)

Los estudiantes por grupos presentaron los siguientes proyectos, se consideran como indicadores las aplicaciones físicas, presentación, manejo del tema, profundidad, organización y respuestas acertadas (Tabla V).

Con base en la matriz anterior el promedio de nota y desviación estándar corresponde a:

## VII. DISCUSIÓN

Para el análisis de los resultados se estableció una relación entre el aprendizaje significativo, los conceptos de física y las competencias en física y estableciendo una relación con los instrumentos aplicados para determinar el impacto de la pro-

Tabla V. Matriz de evaluación de los proyectos.

| Nombre del proyecto              | Integrantes   | Nota promedio de la propuesta |
|----------------------------------|---|-------------------------------|
| Nocturlabio                      | Evelin Valbuena, Karen España y Robinson González                                     | 4.6                           |
| Catadioptrico y retroreflectores | Erica Alegría   | 5.0                           |
| Telescopio                       | Astrid Acero, Angie Baquero y Gellen Reyes  | 4.8                           |
| Ojo óptico                       | Laura Cruz Osma   | 4.9                           |
| Telescopio reflector             | Claudia González  | 4.5                           |
| Doble refracción                 | Melisa Ortiz, Geraldine Lozada  | 4.7                           |
| Puente Hidráulico                | Mateo Arévalo, Alex Guerrero, Giovany Niño y Kevin Fernández                          | 4.6                           |
| High tech wheels                 | Juan Acero, Andrés Quintero, Camilo Reina, Johan Aguilar y Julian Rojas               | 4.5                           |
| Catapulta                        | David Báez, Sergio Vanegas y Fabian López   | 4.0                           |
| Apolo 18                         | Andrés Carvajal, Jhonier Otiz, Santiago Pulido y Roys Polo                            | 4.3                           |
| Generador de energía             | Sebastián Montaña, Alejandra Orjuela, Yineth Benítez, Miguel Ávila y Alejandra Garzón | 4.8                           |



Tabla VI. Análisis de resultados cualitativos y cuantitativos.

| Análisis cualitativos  | Análisis cuantitativos   | Análisis y resultados generales   |
|--|--|---|
| Se logra mediante el uso de materiales sencillos y de fácil consecución la comprensión y aplicación de conceptos y teorías tales como marcos y puntos de referencia, distancias, tiempos, componentes de caída libre, velocidades proceso facilitado por la motivación durante todo el tiempo facilitado por el componente teórico practico desarrollado dentro de la propuesta. | De las once propuestas desarrollados por los estudiantes se logró una nota promedio de 4.6090 sobre 5.0 dado el porcentaje para este caso es de 93.38% evidenciando el compromiso de cada uno de los grupos y de sus integrantes por el producto final para la muestra en referente con la presentación, el mecanismo, el dominio del tema y la puesta en práctica de las temáticas vistas en clase. | La física como una rama de las ciencias naturales debe ser desarrollada desde una propuesta pedagógica teórico-práctica que permita la conexión entre estos dos componentes para que nuestros estudiantes desarrollan y apliquen los conceptos y teorías en un producto o mecanismos entregando de manera efectiva conceptos tales como cinemática, mecánica de fluidos, astronomía, óptica entre otros para garantizar el aprendizaje significativo de nuestros estudiantes. |

puesta pedagógica dado que por lo general la clase de física está enmarcada en el desarrollo de procesos algoritmos y memorísticos fuera del contexto, siendo necesarios el desarrollo de procesos pedagógicos muchos más dinámicos e interactivos que se evidencien en el desarrollo de mecanismos o productos donde se apliquen los diferentes conceptos y teorías vistas en clase. Seguidamente se hace necesaria la estimulación por el aprendizaje de todos y cada uno de los estudiantes dentro de las aulas de clase conectando la teoría con la práctica, aprovechando la naturaleza de la física como ciencia, es por ello que propusimos unas fases o etapas con la aplicación de unos instrumentos cualitativos y cuantitativos necesarios para garantizar un aprendizaje significativo e integral en concordancia con lo expuesto por Ausubel y Novak donde se integran las ideas previas y el nuevo conocimiento para la creación de una estructura cognoscitiva mediante la relación de estos componentes.

Otro competente importante en el éxito de este proceso corresponde al trabajo abierto porque desde este cado grupo selecciona la propuesta o me-

canismo a construir con aporte de todos y cada uno de los integrantes dado que todos los nuevos conocimientos se conectan con las ideas previas según lo expuesto por Ausubel, Novak y Hasenian (mencionados por Ballester, A, 2002) en relación con lo encontrado en los resultados de las matrices de evaluación de actividades y de proyectos con respecto a los conceptos consolidados y la calidad de los proyectos presentados en la muestra realizada en la facultad de ingeniería y ciencias básicas de Corporación Universitaria Republicana.

## REFERENCIAS

- [1] M. Arca y P. Guidoni, Modelos infantiles y modelos científicos sobre morfología de los seres vivos. Enseñanza de las ciencias. Año7. Número 2. 1989.
- [2] D. Ausubel, J. Novak y H. Hanesian, Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Segunda Edición. Editorial Trillas. México. 1983.
- [3] A. Ballester, El aprendizaje significativo en la práctica. Seminario de aprendizaje significativo. Depósito legal. 2002.





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# CRECIENDO CON JUANCHO «CONECTANDO EL MUNDO FÍSICO CON EL MUNDO LÓGICO»

## *Growing with juancho «connecting the physical world with the logical one»*

CHRISTIAN ANDRÉS DAZA<sup>1</sup>, EVELYN YESENIA RODRÍGUEZ RIVERA<sup>2</sup>

*Recibido:17 de abril de 2018. Aceptado:02 de mayo de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a51>

### RESUMEN

Este proyecto resume la conexión que puede tener el mundo físico (hardware) con el mundo lógico (software) y viceversa. En este caso se planteó un juego que consiste en adivinar un animal o una fruta por medio de una suma o una resta. Para solucionarlo y poder obtener una mejor proyección del mismo se clasificó en dos partes: la primera parte es la interfaz gráfica, esta fue desarrollada en Java con ayuda del editor de código NetBeans, también se implementó una base de datos en MySQL para crear un registro de los jugadores. La segunda parte fue el diseño físico donde el encargado de recibir y enviar datos entre los dos mundos fue un Arduino.

**Palabras clave:** Tecnología, niños, aprendizaje, java, arduino, interfaz gráfica.

### ABSTRACT

This project summarizes the connection that the physical world (hardware) can have with the logical world (software) and the other way. In this case, a game was proposed that consists in guessing an animal or a fruit by means of a sum or a subtraction. To solve it and get a better projection of it was classified in two parts: the first part is the graphical interface, this was developed in Java with the help of the code editor NetBeans, a database was also implemented in MySQL to create a registry of the players. The second part was the physical design where the person in charge of receiving and sending data between the two worlds was an Arduino.

**Keywords:** Technology, children, learning, java, arduino, graphic interface.

## I. INTRODUCCIÓN

El CRECIMIENTO de un niño depende de muchos factores [1] uno de ellos y en el cual se va a enfatizar es en la parte de la tecnología y el aprendizaje. Actualmente, estos dos son muy importantes ya que a lo largo de la historia han tenido varios avances y cambios en el mundo. Es importante entender que los más afectados de forma positiva o negativa son los niños y niñas, por ende se quiso hacer un proyecto donde los principales protagonistas sean ellos.

Para comprender la necesidad de unir estos dos conceptos se generó la siguiente pregunta de investigación relacionada con el aprendizaje y formulada antes de darle cabida a la parte tecnológica: ¿Cómo aprende un(a) niño/a y como le estamos transmitiendo el conocimiento?

Es importante saber que cuando un niño o niña empieza a estudiar, esta actividad se vuelve aburrida, ya que, el tiempo que utilizaba para jugar ahora lo utiliza para aprender [2].

1 Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: christiandaza@gmail.com

2 Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: eyrodriguezr@gmail.com

El desarrollo de la tecnología ha mitigado el problema del aburrimiento, pero será que se esta utilizando de la mejor manera para enseñar o quizá no se esta empleando adecuadamente para que el niño se focalice en el aprendizaje y no se desconcentre o genere un mal uso de las tecnologías [3].

De acuerdo con lo anterior, hoy en día un niño desconoce la verdadera importancia que tiene la tecnología y muchas veces la utiliza para divertirse y no para aprender algo y podríamos decir que no es culpa de ellos si no de la manera como nosotros la estamos enseñando o utilizando. Lo que busca Creciendo con Juancho es cambiar la forma de enseñar por una forma donde el niño o la niña se divierta pero también aprenda.

De lo anterior, nació la idea de crear un juego con una integración tecnológica para fortalecer el aprendizaje de las sumas y las restas, un juego que consiste en adivinar un animal o una fruta por medio de la respuesta a una operación matemática, lo que hace atractiva la aplicación es que cada respuesta la va a hacer a través de botones de acción previamente programados, los cuales envían datos al Arduino y este los pasa al programa, si la respuesta es correcta va escuchar un sonido de ganador y va enviar datos al Arduino para encender una luz verde, pero si es incorrecta va escuchar un sonido de motivación y va enviar otro dato que encenderá la luz roja. Con este Juego pretendemos enseñar que podemos aprender y divertirnos al mismo tiempo sin generar estrés y con una constante motivación para la superación personal del niño.

Con el acelerado crecimiento tecnológico, tener un dispositivo llámese (computador, Smartphone, tableta) es evidente que los niños están expuestos a las grandes ventajas y beneficios de los dispositivos, además el acceso a internet es relativamente sencillo [4].

Esto plantea un gran panorama el cual ofrece información, entretenimiento, educación, redes sociales y comunicación. En este punto se analiza que los niños y niñas son capaces de interactuar con los dispositivos tecnológicos de una manera casi empírica. De este análisis se obtiene que los niños pueden acceder a aplicaciones y contenido sensible para su edad y en una buena cantidad de casos los padres no tienen noción de lo que sus hijos hacen con estos dispositivos.

Esto nos planteó unas problemáticas, ¿Qué contenido es apto para ellos? ¿Cómo pueden los niños desarrollar sus habilidades y capacidades adecuadamente.

Este proyecto reúne todas las preguntas anteriormente mencionadas y se planteó una última como ingenieros ¿Cómo los niños asimilan las matemáticas? Así nació “Creciendo con Juancho” un proyecto encaminado a dar una primera percepción a los niños entre edades de 3 a 9 años.

De esta manera el proyecto se divide en dos grandes engranajes, el primero es el software y el segundo es el hardware. Dentro de las habilidades adquiridas como ingenieros tenemos la habilidad de unir estos engranajes con herramientas de software y hardware libre. La aplicación fue desarrollada y programada en el IDE Netbeans con el lenguaje de programación JAVA. Se realizó una interfaz gráfica agradable para los niños que presenta elementos familiares y de fácil asociación.

El sistema físico se desarrolló hardware Arduino y su plataforma de desarrollo implementando el lenguaje de programación C++, sumado a esto se crearon unos prototipos con el diseño de un “gusano” para que el niño o niña tenga habilidades matemáticas (operaciones matemáticas sumas y restas) y habilidades cognitivas y asociativas que dan paso a una mayor capacidad analítica [5].

A continuación se presentan los objetivos que se proyectaron al crear el juego, luego se explica la navegación por el mundo lógico mostrando los pasos para crear una buena interfaz gráfica, más adelante se encuentra la conexión de una base de datos en MySQL con el editor de código NetBeans, el mundo físico y la conexión que este tiene con el mundo lógico y por último las conclusiones que se obtuvieron al desarrollar este proyecto.

## II.OBJETIVOS

El objetivo principal de Creciendo con Juancho es que los niños y niñas aprendan de una forma más dinámica y divertida con ayuda de la tecnología.

- Analizar el comportamiento y la manera que interactúan con la aplicación.
- Generar una estrategia de aprendizaje para garantizar el buen uso de la tecnología.
- Integrar soluciones tecnológicas de software y hardware para ayudar en el aprendizaje.

### III. NAVEGACIÓN POR EL MUNDO LÓGICO (JAVA)

La navegación por el mundo lógico se desarrolló en JAVA con ayuda del editor de código NetBeans, donde lo primero que se diseñó fue la estructura y la parte visual con ayuda de la biblioteca **Swing** haciéndola llamativa y curiosa para los pequeños usuarios, cabe resaltar que todo el diseño es propio todo fue editado por Creciendo con Juancho, luego se complementó con el código en JAVA, en el cual se utilizó una serie de librerías las cuales lo hicieron funcional.

El juego cuenta con 2 clases que se encargan de la parte de los datos del usuario y 13 JFrame. El principal es donde el usuario ingresa para entrar al menú principal, si este no está registrado o no se quiere registrar no puede ingresar al juego (ver figura 1).

#### A. Conexión MySQL con JAVA

Antes de hacer la conexión con JAVA, se utilizó el servidor web XAMPP y en este se creó y diseñó una base de datos donde se guardará los datos que el usuario ingresaba y de acuerdo a la sección anterior esta es la parte donde se verifica si el usuario está registrado o no está en ella (ver figura 2).

La conexión se logra al hacer uso de la librería **MySQL JDBC Driver**.

Para poder hacer uso de esta librería registramos el driver y el nombre de la base de datos en una de nuestra clase como se muestra a continuación (ver figura 3).

Y para poner conectar el driver e ingresar los datos se empleó el siguiente código (ver figura 4).



Fig. 1. Navegación por la interfaz grafica

| id | edad | nombre    |
|----|------|-----------|
| 1  | 7    | Evelyn    |
| 2  | 19   | evelyn    |
| 3  | 19   | andres    |
| 5  | 7    | andres    |
| 6  | 23   | Geraldine |
| 7  | 2    | JUAN      |
| 8  | 6    | neider    |
| 9  | 5    | andres    |
| 12 | 20   | DIEGO     |
| 13 | 8    | andrea    |
| 16 | 9    | d         |
| 19 | 12   | derly     |
| 23 | 5    | carlos    |
| 32 | 4    | sebas     |
| 56 | 12   | alejo     |
| 59 | 3    | KARLA     |

Fig. 2. Tabla de niños almacenados

```

13
14
15 // Driver JDBC y nombre de la Bada de Datos
16 private final String JDBC_DRIVER = "com.mysql.jdbc.Driver";
17 private final String DB_URL = "jdbc:mysql://localhost/creciendoconjuancho";
18 // Credenciales para el acceso a la Base de Datos
19 private final String USER = "root";
20 private final String PASS = "";
21
22 private Connection conn = null;
23 private Statement stmt = null;
24

```

Fig. 3. Registro del driver y la base de datos en Java.

### IV. MUNDO FÍSICO (ARDUINO)

Creciendo con Juancho es una integración tecnológica para fortalecer el aprendizaje de las sumas y las restas, un juego que consiste en adivinar un animal o una fruta por medio de la respuesta a una operación matemática, lo que hace atractiva la aplicación es que cada respuesta la va a hacer a

```

try {
    Class.forName(JDBC_DRIVER);
    System.out.println("Conectando a la base de datos...");
    conn = DriverManager.getConnection(DB_URL,USER,PASS);
    System.out.println("Base de datos conectada...");
    stmt = conn.createStatement();
    System.out.println("Ingresando Niño ...");

    // Crea la sentencia SQL para insertar un dato
    String query = " INSERT INTO niños (id, edad, nombre)"
        + " VALUES (?, ?, ?)";
    PreparedStatement preparedStmt = conn.prepareStatement(query);
    preparedStmt.setLong(1, id);
    preparedStmt.setLong(2, edad);
    preparedStmt.setString(3, nombre);

    // Ejecuta la sentencia preparada

    preparedStmt.execute();

    System.out.println(" Niño Ingresado ...");
    conn.close(); // Cierra la conexión
    msj = "OK";

} catch (ClassNotFoundException | SQLException e) {
    System.err.println("Error! ");
    System.err.println(e.getMessage());
    msj = e.getMessage();
}
return msj;
}

```

Fig. 4. Conexión del Driver e ingreso de datos del niño.

través de botones de acción previamente programados, los cuales envían datos al Arduino y este los pasa al programa, si la respuesta es correcta va escuchar un sonido de ganador y va enviar datos al Arduino para encender una luz verde, pero si es incorrecta va escuchar un sonido de motivación y va enviar otro dato que encenderá la luz roja. Con este Juego se pretende enseñar que se puede aprender y divertirse al mismo tiempo sin generar estrés y con una constante motivación para la superación personal del niño y la niña.

## A. Desarrollo

### 1) Implementación de hardware

Para poder realizar este proyecto se usan los siguientes componentes.

- a. Arduino uno con su respectivo software de desarrollo
  - b. Netbeans, IDE de desarrollo de aplicaciones en lenguaje de programación JAVA.
  - c. Librería Panamá Hitek (comunicación java-Arduino).
- Para la simulación del prototipo se empleo fritzing[6] (ver figura 5).

Se ha empleado Arduino por las siguientes razones:

- a. Implementación rápida
- b. Uso moderado de componentes
- c. Fácil de instalar
- d. Rápida configuración

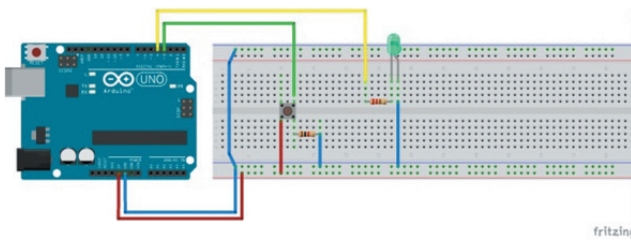


Fig. 5. Esquema electrónico Arduino

- e. Adaptabilidad
- f. Alimentación a 5v (no es necesario usar fuente de energía externa).

Se realizan 7 módulos, 5 para los botones que servirán para interactuar con el programa en forma de botones (pulsadores) que al ser presionados enviarán el dato de Arduino a java (Netbeans) y los 2 restantes servirán para unos led's que recibirán un dato de java (Netbeans), lo recibirá Arduino y él lo interpretará como un pulso que encenderá el led respectivo (led verde respuesta afirmativa y led rojo respuesta negativa).

## B. Funcionamiento

Con el esquema de la Fig. 5 y la Fig. 6 se realizó la programación para que Arduino reciba y envíe los datos al programa en java.

### Programación para botón (ver figura 6).

Con este sencillo código Arduino tiene la capacidad de recibir y enviar los datos que después serán interpretados por Arduino para realizar unas funciones determinadas.

#### 1) Mundo lógico (ver figura 7).

Dentro de cada ventana de nuestro programa se importa, instancia y ejecuta el objeto panamá Hitek, el cual tiene la capacidad de recibir y/o enviar datos a Arduino (ver figura 8).

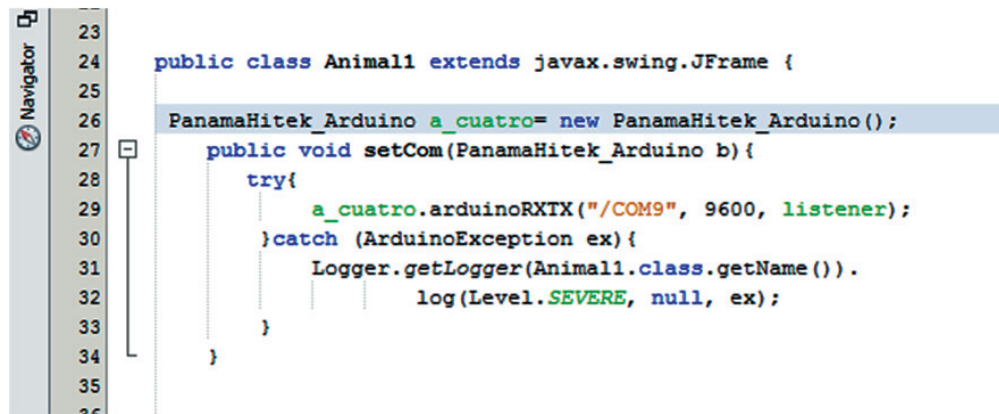
Como anteriormente se ve si llega una señal externa en este caso Arduino se instanciará con el tipo de señal, en este caso la señal o dato es recibido por el programa y seguidamente a la ventana actual (jlabel).

```

void setup() {
    pinMode(8, INPUT);
    pinMode(7, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}
void loop() {
    estado1 =digitalRead(8);
    int input = Serial.read();

    if ( estado1 == HIGH){
        Serial.println('1');
        delay(300);
    }
    if(Serial.available() > 0)
    {int led = Serial.read(); // Si esta el puerto disponible lee que hay en él.
    switch(led) // Depende de lo que haya llegado por el puerto se hace ...
    {
        case '6':
            digitalWrite(6, HIGH); // LED ROJO ON
            delay(2000);
            digitalWrite(6, LOW); //OFF
            break;
    }
    }
}
    
```

Fig. 6 .Esquema lógico Arduino (conexión java-Arduino)



```

23
24 public class Animal1 extends javax.swing.JFrame {
25
26     PanamaHitek_Arduino a_cuatro= new PanamaHitek_Arduino();
27     public void setCom(PanamaHitek_Arduino b){
28         try{
29             a_cuatro.arduinoRXTX("/COM9", 9600, listener);
30         }catch (ArduinoException ex){
31             Logger.getLogger(Animal1.class.getName()).
32                 log(Level.SEVERE, null, ex);
33         }
34     }
35
36

```

Fig. 7 Esquema lógico IDE Netbeans [Java&lt;importación de librería&gt;]

```

private SerialPortEventListener listener = new SerialPortEventListener() {
    @Override
    public void serialEvent(SerialPortEvent spe) {

        try {
            // Verifica si hay mensajes disponibles en el puerto Serie
            if (a_cuatro.isMessageAvailable()) {
                // Si hay mensaje lo captura y lo convierte en un entero
                int llego = Integer.parseInt(a_cuatro.printMessage());
                switch(llego){
                    case 1:
                        String path= "/IMAGENES/vistoazul9.png";
                        URL url= this.getClass().getResource(path);
                        ImageIcon icon=new ImageIcon(url);
                        jLabel6.setIcon(icon);
                        String pa= "/IMAGENES/vaca1.png";
                        URL ur= this.getClass().getResource(pa);
                        ImageIcon icono=new ImageIcon(ur);
                        jButton1.setIcon(icono);
                        long ba1;
                        String ab;
                        String msaj;
                        ab="15";
                        ba1 = Long.parseLong(ab);
                        Score sc= new Score();
                        msaj= sc.puntajes(ba1,0,0,0);
                        if(msaj.equals("OK")){
                            JOptionPane.showMessageDialog(null, "Usuario re
                        }else{
                            JOptionPane.showMessageDialog(null, msaj, "Errc
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

Fig. 8 Esquema lógico IDE Netbeans [Java &lt;recepción de datos Arduino-Java&gt;]



Nuestro programa maneja 5 botones y Arduino en cada caso envía a JAVA (Netbeans) los siguientes valores (tabla 1).

Tabla 1. Envío de datos (Arduino-Java).

| Arduino |              |
|---------|--------------|
| Botón   | Envía a Java |
| Azul    | 1            |
| Rosado  | 2            |
| Naranja | 3            |
| Morado  | 4            |
| Rojo    | 5            |

Seguidamente JAVA en cada caso realizará lo siguiente (depende de la ventana y las opciones dentro de la misma).

1. Mostrará la imagen del animal.
2. Enviará (se envía un 6 que interpreta Arduino como una señal para que encienda el led (depende el caso y/o si la respuesta es verdadera o falsa)).
3. Ejecutará un sonido, si es verdadera la operación el sonido será unos aplausos, en caso contrario ejecutara un sonido de corneta.

**2) Implementación de hardware (modelo físico Arduino) (ver figura 9).**

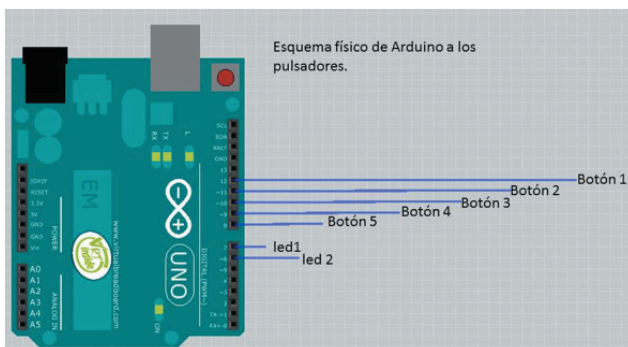


Fig. 9 Primer prototipo físico [Creciendo con Juancho]

A continuación se muestra un diagrama general del funcionamiento de este programa (ver figura 10).

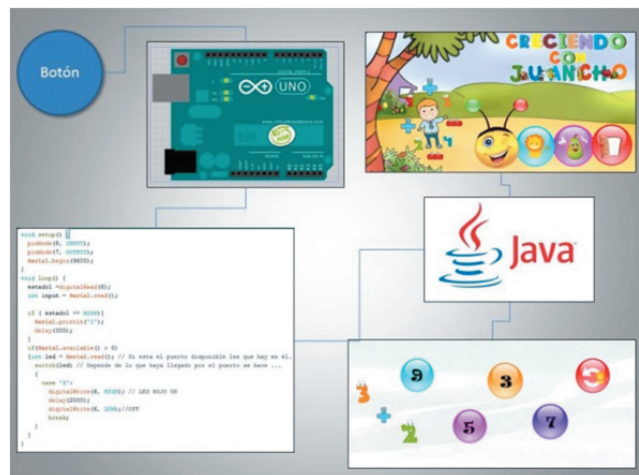


Fig. 10 Esquema lógico interfaz (Arduino-Java).

**3) Materiales empleados**

- 1 LED rojo y verde
- 5 Pulsadores
- 2 Resistencias 220?
- 5 Resistencias 10k ?
- 3/8 de Cartón piedra
- 2 Barras de Silicona
- 1Mt de Cable UTP
- 1 Baqueta para soldar componentes
- 40 cm de Estaño
- 2 palillos de madera
- Cinta
- Pegante
- 1 Mt de Termoencigible

**4) Diseño e implementación del modelo físico**

Para este proyecto se realizaron dos prototipos físicos y uno digital que tuvieron como objetivo la interacción entre el usuario final y las posibles mejoras que el modelo puede tener (ver figura 11).

Este primer prototipo contempla las primeras conexiones entre (Arduino y Java) presentaba las siguientes características (ver tabla 2 y figura 12).

Este prototipo se desarrolló bajo los parámetros y posibles mejoras del prototipo 1 con el software de desarrollo grafico SketchUp Pro, su utilidad fue la optimización de los materiales y obtener una idea previa del modelo tiempo antes de empezar a construirlo, con este modelo economizamos materiales y dinero (ver figura 13).

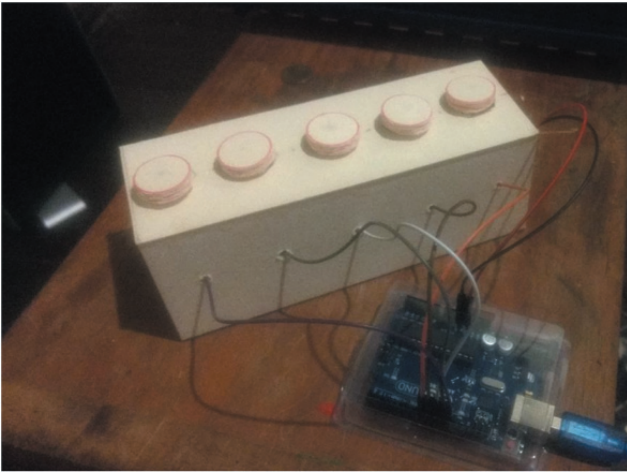


Fig. 11. Primer prototipo físico [Creciendo con Juancho].

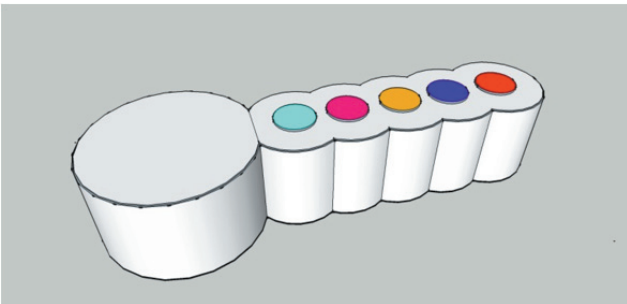


Fig. 12. Primer prototipo digital [Creciendo con Juancho]

Tabla 2. características prototipo 1.

| Ventajas                  | Desventajas          |
|---------------------------|----------------------|
| Conexión<br>Funcionalidad | Estructura<br>Diseño |

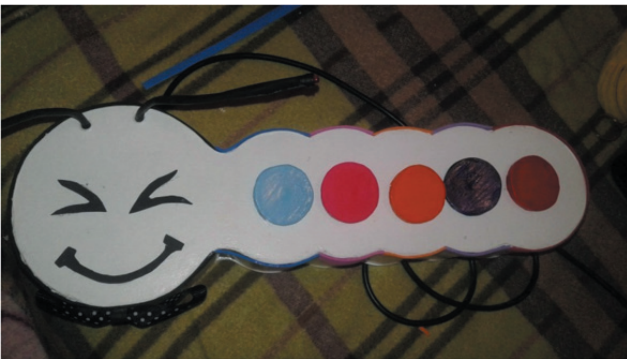


Fig. 13 Segundo prototipo físico definitivo. [Creciendo con Juancho]

Este prototipo implemento todos los desarrollos generados e implementados dentro del modelo digital en 3 dimensiones (3D). Su construcción está estructurada por cartón piedra debido a su resistencia y fácil manipulación.

## V. CONCLUSIONES

Se logró integrar tecnología con el fin de buscar nuevas técnicas para motivar el aprendizaje en los niños, que permitiera aumentar su creatividad y su curiosidad desde pequeños.

Se logra que los niños entiendan el concepto inicial de las operaciones matemáticas básicas como lo son las sumas y las restas. Se guardó una base de datos los jugadores, fortaleciendo y uniendo los conceptos de MySQL y Java. Además con este proyecto reforzamos los temas vistos en el semestre de la asignatura Programación Orientada a Objetos (POO).

El análisis de los prototipos físicos nos dio una perspectiva acerca de los materiales y su grado de resistencia incluso se usó un diseño de la naturaleza (estructura de oruga) que permitía colocar los componentes armoniosamente.

Uno de los retos actuales de la educación, es incluir de forma eficiente las TICS en el proceso de aprendizaje y enseñanza [7] en todos los niveles de educación, para nuestro caso seguirá siendo un reto desarrollar nuevas y mejores formas de enseñar a los niños usando medios tecnológicos.

## REFERENCIAS

- [1] R. Escontrela & L. Stojanovic, La integración de las TIC en la educación: Apuntes para un modelo pedagógico pertinente. *Revista de Pedagogía*, 25(74), 481-502. Recuperado en 08 de octubre de 2018, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-97922004000300006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922004000300006&lng=es&tlng=es). 2004.
- [2] M. Calero, *Educar jugando*. México: Alfaomega. 2003.
- [3] E. Garnica, B. F. Quiroga, P. Miranda, A. P. Medina, Diseño de módulos interactivos para tratar el trastorno por déficit de atención con hiperactividad – TDAH. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias*

- de la Información, Vol. 3 / Núm. 6 ; pág. 49-57. Julio – Diciembre 2016.
- [4] F. J. Córdoba, L. A. Ciro, J. C. Molina, Avances en la Integración de tecnologías para la innovación en educación. Congreso Latinoamericano de Geo Gebra. 2016.
- [5] R. Gilar, Adquisición de habilidades cognitivas. Factores en el desarrollo inicial de la competencia experta. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Alicante. 2003.
- [6] Fritzing. open-source hardware initiative <http://fritzing.org/home/>. 2018.
- [7] S. Gómez, C. Y. Herrera, Modelo intersubjetivo de aprendizaje para la educación. U@CSIS, Vol. 1, No. 1, 2016 ISSN: 2346-3562.





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MÓVIL SEGUIDOR DE LÍNEA Y DETECTOR DE OBSTÁCULOS

## *Design and implementation of a follower of line mobile system and the obstacles detection sensor*

DUVANNE RAMÍREZ<sup>1</sup>, CHRISTIAN DAZA<sup>2</sup>

*Recibido: 20 de abril de 2018. Aceptado: 15 de mayo de 2018*

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a52>

### RESUMEN

Este artículo presenta la investigación, desarrollo y la aplicación de un sistema de seguidor de línea negra y detector de obstáculos, con el objetivo de analizar su comportamiento a partir de la lógica booleana en ambientes controlados, utilizando compuertas lógicas para simular inteligencia básica.

**Palabras clave:** Compuertas lógicas, seguidor de línea, detección, obstáculos, circuito, digital.

### ABSTRACT

This article presents the research, development and application of a black line follower and obstacle detector system, with the aim of analyzing its behavior from Boolean logic in controlled environments, using logic gates to simulate basic intelligence.

**Keywords:** Technology, children, learning, java, arduino, graphic interface.

## I. INTRODUCCIÓN

ESTE PROYECTO nace para descubrir y comprender la estructura básica de un circuito digital, por medio de la creación de un vehículo seguidor de línea capaz de detenerse al detectar un obstáculo en su camino.

Con este trabajo se puede dar solución a la problemática ¿Cómo crear un cerebro electrónico capaz de seguir un indicador y tener la capacidad de detenerse ante un obstáculo?

Para lograr una efectiva respuesta a este problema se analizó e indagó sobre todos los elementos y procesos que se deben tener en cuenta para crear un circuito digital (cerebro electrónico) audaz y eficaz para un carro automático.

## II. MARCO TEÓRICO

Para lograr un óptimo funcionamiento del carro se hizo una investigación acerca de cada componente necesario para el mismo:

### A. Sensor CNY70

Este dispositivo es un sensor óptico infrarrojo, con un rango de corto alcance que se utiliza para detectar colores de objetos y superficies. Su uso más común es para construir pequeños robots sigue-líneas. Contiene un emisor de radiación infrarroja (fotodiodo) y un receptor (fototransistor). El fotodiodo emite un haz de radiación infrarroja, el fototransistor recibe ese haz de luz cuando se refleja sobre alguna superficie u objeto [1] (ver figura 1).

1 Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: christiandaza@gmail.com

2 Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: yoshi2507@hotmail.com

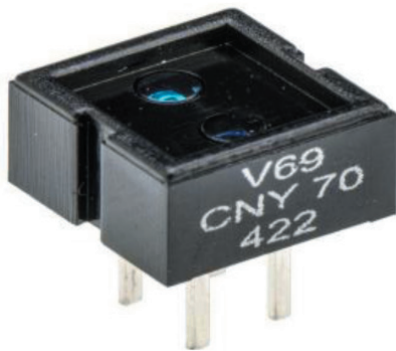


Fig.1. Sensor CNY70.

**B. Sensor Digital De Obstáculos SHARP GP2Y0 D805Z0F**

GP2Y0D805Z0F es una unidad de sensor de medición de distancia, compuesto por una combinación integrada de PD (Fotodiodo), IRED (diodo emisor de infrarrojos) y circuito de procesamiento de señal [2] (ver figura 2).

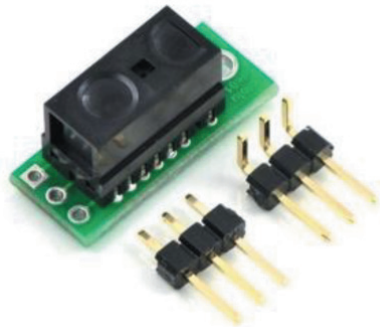


Fig. 2. SHARP GP2Y0D805Z0F.

**C. Compuerta Lógica 74LS04**

En lógica digital, un inversor, puerta NOT o compuerta NOT es una puerta lógica que implementa la negación lógica. A la derecha se muestra la tabla de verdad. Siempre que su entrada está en 0 (cero) o en BAJA, su salida está en 1 o en ALTA, mientras que cuando su entrada está en 1 o en ALTA, su SALIDA va a estar en 0 o en BAJA [3][4] (ver figura 3).

**D. Compuerta Lógica 74LS08**

Las compuertas AND pueden tener más de dos entradas y por definición, la salida es 1 si y solo si todas las entradas son 1 [5][6] (ver figura 4).

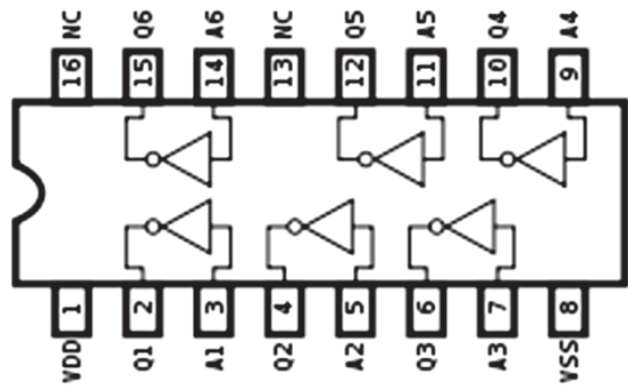


Fig. 3 Compuerta Lógica 7404.

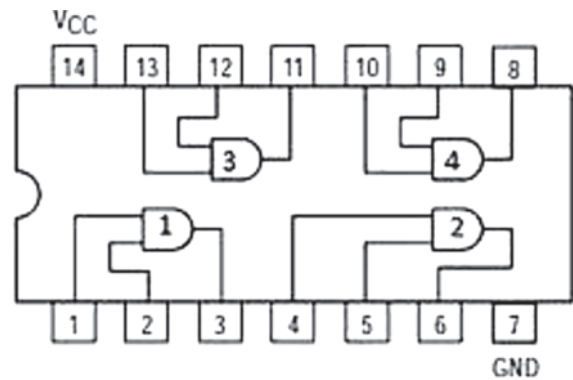


Fig. 4 Compuerta Lógica 7408.

**E. Compuerta Lógica 74LS32**

Este circuito integrado consta de 4 puertas OR de dos entradas con salida en Tótem Pole. Su función es realizar la suma lógica de las dos variables de entrada [7][8] (ver figura 5).

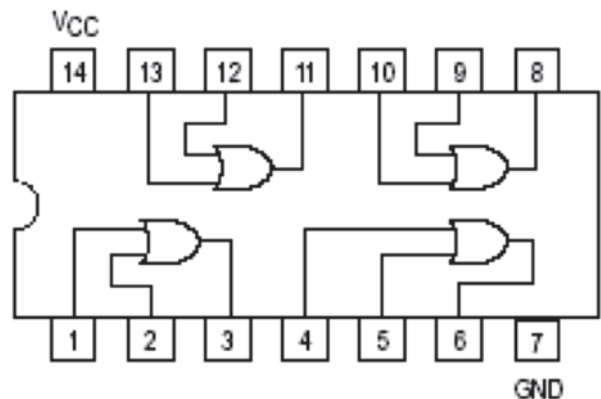


Fig. 5. Compuerta Lógica 7432.

## F. Potenciómetro

Un potenciómetro son 2 resistencias conectadas en serie. A partir del nodo que se forma entre estas dos resistencias tenemos un terminal, el cual normalmente será la pata del centro en un potenciómetro de 3 patas [9] (ver figura 6).

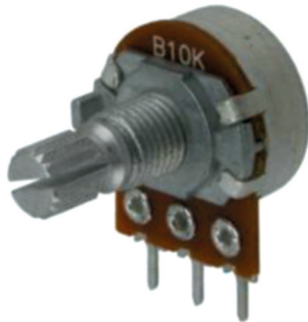


Fig. 6. Potenciómetro.

## G. Transistor 2N2222

Es un transistor de silicio de mediana potencia con una polaridad npn, construido mediante el proceso de base epitaxial y designado para aplicaciones de amplificación lineal y conmutación [10] (ver figura 7).



Fig. 7 Transistor 2N2222.

## H. Regulador LM317

El regulador de voltaje LM317 es un dispositivo de tres pines muy fácil de utilizar. En su configuración más reducida basta con un par de resistencias para obtener el voltaje que se desee [11] (ver figura 8).

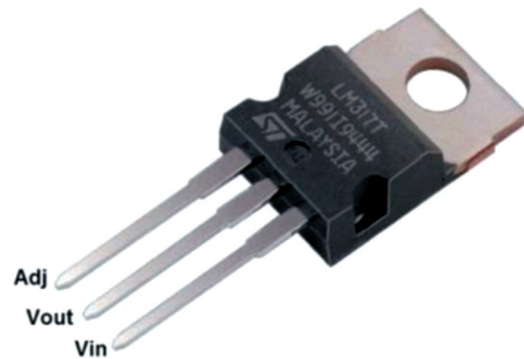


Fig. 8 Regulador LM317.

## I. Driver L293D

Un circuito integrado de corriente continua o bipolar de pasos. Capaz de conducir corrientes bidireccionales de hasta 1 amperio en el modelo L293 y hasta 600 mA en el modelo L293D y con tensiones que van desde los 4.5V hasta los 36V en ambos modelos [12] (ver figura 9).

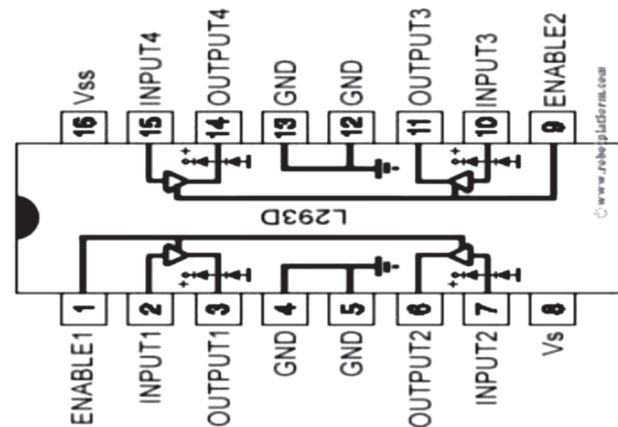


Fig. 9 Driver L293D.

## III. DESCRIPCIÓN DEL ROBOT

Para la construcción del sistema seguidor de línea se empleó los siguientes materiales:

1. 2 Motores reductores
2. 1 Chasis en acrílico
3. 1 Driver L293d
4. 1 Regulador LM317
5. 3 Led
6. Resistencias de 1 k?

7. Resistencias de 10 k?
8. Resistencias de 220?
9. Resistencias de 470?
10. Resistencias de 330?
- 11.1 Potenciómetro de 10 k?
- 12.3 Transistores 2N2222A
- 13.2 Condensadores a 0,1 y 1 uF 16v
- 14.1 PCB universal
- 15.1 Sensor GP2Y0D805Z0F/810Z0F
- 16.3 Sensores CNY70
- 17.1 Batería LiCo02 500mAh 7,4V

#### IV. ETAPAS DE DISEÑO

##### A. Diseño del chasis para el seguidor de línea

En este aspecto se utilizó una placa de vinilo de 20cm x 20cm, también con la ayuda del software "Adobe Illustrator" se realiza un plano con la finalidad de poder realizar los cortes con una cortadora laser (ver figura 10).

##### B. Diseño controlador de motores

La investigación nos lleva a realizar un controlador fijo a una PCB universal para que los componentes que interactúan directamente con los motores queden de forma estática, evitando que por la manipulación del mismo los cables se desgasten y se suelten (ver figura 11 y 12).

##### C. Diseño de sensores (CNY70)

En este aspecto se investigó sobre el funcionamiento del sensor para realizar la correcta conexión de cada uno de los pines (ver figura 13).

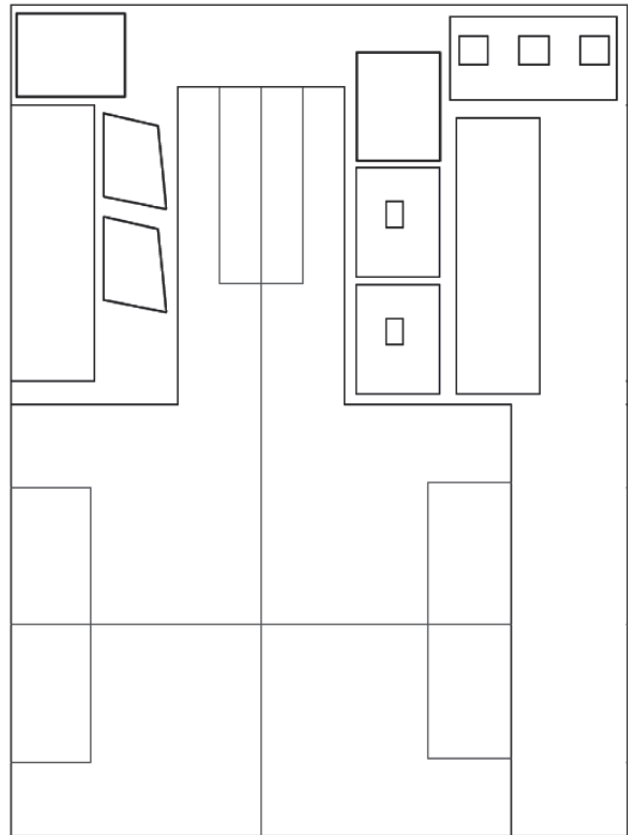


Fig. 10 Plano de cortes del chasis.

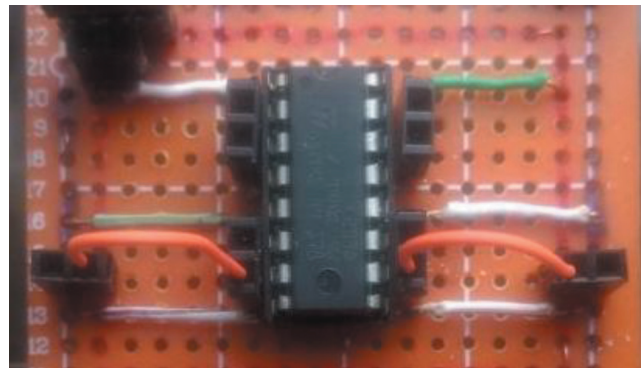


Fig. 11 Posición del cerebro con el driver L293D.

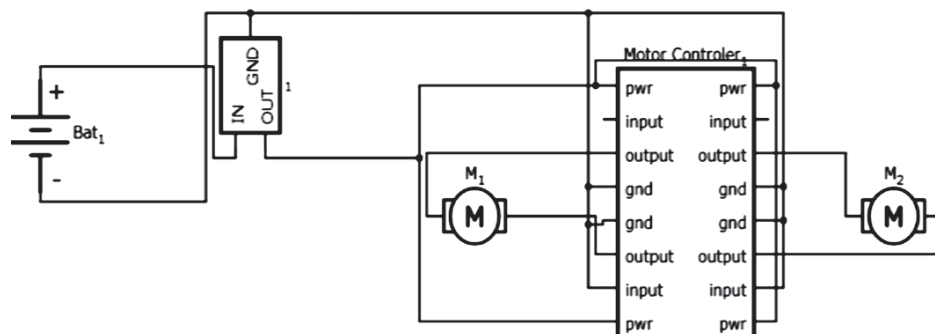


Fig. 12 Esquema PCB controlador electro-mecánico.



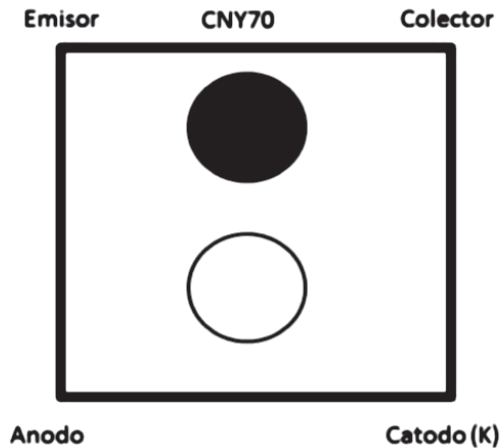


Fig. 13 Sensor CNY70 y sus convenciones.

También se utilizó un esquema de colores para identificarlos de una manera sencilla, a continuación vemos la configuración que da los mejores resultados en emisión y recolección de la información (ver figura 14 y tabla 1).

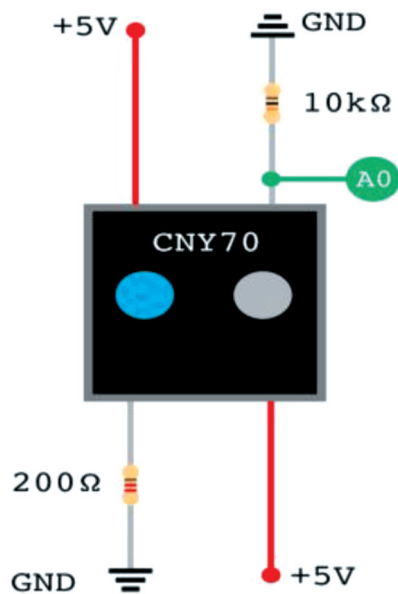


Fig. 14 Configuración Visual CNY70.

Tabla 1. Convenciones sensor CNY70 en carro.

| PIN        | COLOR   | DESTINO              |
|------------|---------|----------------------|
| Colector   | Café    | 5V                   |
| Emisor     | Verde   | GND (10KΩ)<br>SALIDA |
| Cátodo (k) | Azul    | GND (220Ω)           |
| Ánodo      | Naranja | 5V                   |

#### D. Diseño del cerebro.

Este aspecto se diseñó la lógica a partir de la siguiente configuración (ver figura 15).

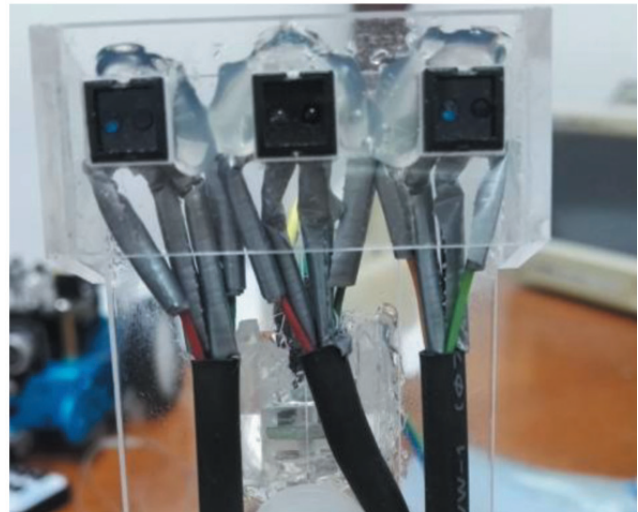


Fig. 15 Posicionamientos de los sensores.

#### E. Tablas de verdad.

Para crear la tabla de verdad se usó la siguiente nomenclatura:

1. OBJ: Sensor de Obstáculos.
2. IZQ: Sensor Seguidor De Línea Izquierdo.
3. CENT: Sensor Seguidor De Línea Central.
4. DER: Sensor Seguidor De Línea Derecho.
5. M. IZQ: Funcionamiento Motor Izquierdo.
6. M. DER: Funcionamiento Motor Derecho.
7. LED: Funcionamiento LED.

Con la anterior nomenclatura se logra generar una lógica con acciones complejas, que pueden hacer que un motor gire hacia cierta dirección, el carro avance e incluso pueda frenar en un sitio específico.

En conclusión a lo anterior, con esta relación se pudo formar una tabla capaz de darle un movimiento autónomo al carro, y de este modo volverlo dinámico, funcional e inteligente al manejar su lógica de un 1 a un 0, o de manera práctica de un terreno en color blanco a un terreno en color negro. Y de este modo darle un cerebro apto para recorrer una línea negra sin salirse y a la vez de detenerse al encontrarse con un obstáculo.

La tabla de verdad que logró darle autonomía al cerebro (ver tabla 2).

Tabla 2. Tabla de verdad Principal.

| OBJ | IZQ | CENT | DER | M. IZQ | M. DER | LED |
|-----|-----|------|-----|--------|--------|-----|
| 0   | 0   | 0    | 0   | 0      | 0      | 0   |
| 0   | 0   | 0    | 1   | 1      | 0      | 0   |
| 0   | 0   | 1    | 0   | 1      | 1      | 0   |
| 0   | 0   | 1    | 1   | 1      | 0      | 0   |
| 0   | 1   | 0    | 0   | 0      | 1      | 0   |
| 0   | 1   | 0    | 1   | 1      | 1      | 0   |
| 0   | 1   | 1    | 0   | 0      | 1      | 0   |
| 0   | 1   | 1    | 1   | 0      | 0      | 0   |
| 1   | 0   | 0    | 0   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 0   | 0    | 1   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 0   | 1    | 0   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 0   | 1    | 1   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 1   | 0    | 0   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 1   | 0    | 1   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 1   | 1    | 0   | 0      | 0      | 1   |
| 1   | 1   | 1    | 1   | 0      | 0      | 1   |

**F. Funciones lógicas**

1) *Motor Izquierdo* (ver tabla 3).

Tabla 3. Simplificación tabla de verdad Motor Izquierdo.

|    |     | CD  |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    |     | 0 0 | 0 1 | 1 1 | 1 0 |
| AB | 0 0 | 0   | 1   | 1   | 1   |
|    | 0 1 | 0   | 1   | 0   | 0   |
|    | 1 1 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|    | 1 0 | 0   | 0   | 0   | 0   |

Después de realizar la simplificación por el método de karnaugh se obtiene la siguiente función.

$$F1 = (C + D) \cdot (\bar{B} + \bar{C}) \cdot (\bar{A})$$

2) *Motor Derecho* (ver tabla 4).

Tabla 4. Simplificación tabla de verdad Motor Derecho.

|    |     | CD  |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    |     | 0 0 | 0 1 | 1 1 | 1 0 |
| AB | 0 0 | 0   | 0   | 0   | 1   |
|    | 0 1 | 1   | 1   | 0   | 1   |
|    | 1 1 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|    | 1 0 | 0   | 0   | 0   | 0   |

Después de hacer la simplificación por el método de karnaugh se obtiene la siguiente función.

$$F2 = (B + C) \cdot (\bar{C} + \bar{D}) \cdot (\bar{A})$$

3) *Led*

Tabla 5. Simplificación tabla de verdad Led.

|    |     | CD  |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    |     | 0 0 | 0 1 | 1 1 | 1 0 |
| AB | 0 0 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|    | 0 1 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|    | 1 1 | 1   | 1   | 1   | 1   |
|    | 1 0 | 1   | 1   | 1   | 1   |

Después de hacer la simplificación por el método de karnaugh se obtiene la siguiente función.

$$F3 = A$$

Realizando las simplificaciones se puede ver que estamos utilizando un total de 12 compuertas distribuidas de la siguiente forma:

- 4 NOT
- 4 OR
- 4 AND

**G. Circuito Lógico**

1. *Motor Izquierdo*

El juego cuenta con 2 clases que se encargan de la parte de los datos del usuario y 13 JFrame. El

principal es donde el usuario ingresa para entrar al menú principal, si este no está registrado o no se quiere registrar no puede ingresar al juego (ver figura 16).

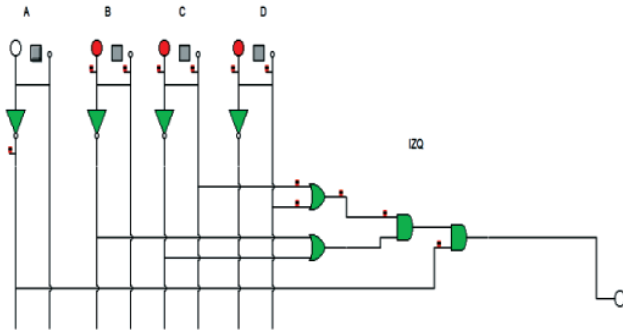


Fig. 16 Esquema Lógico Motor Izquierdo.

## 2. Motor Derecho (ver figura 17).

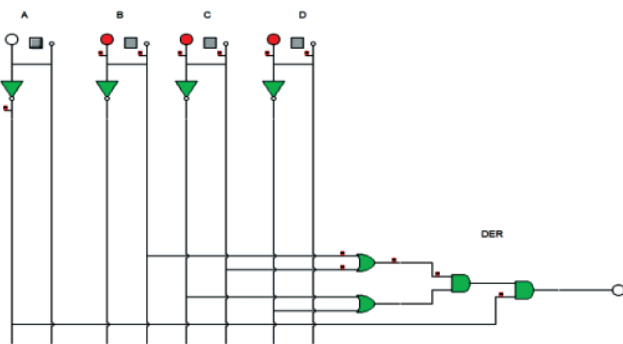


Fig. 17. Esquema Lógico Motor Derecho.

## V. SIMULACIONES

Las siguientes simulaciones muestran que la lógica implementada es correcta y funcional para el prototipo físico, de esta forma se garantiza que la implementación física del seguidor no tenga errores (ver figura 18 a 20).

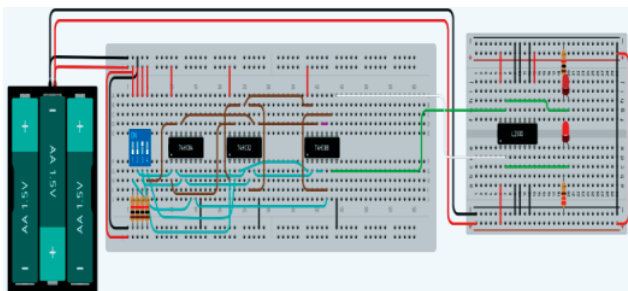


Fig. 18. Simulación circuito en función al movimiento de los dos motores.

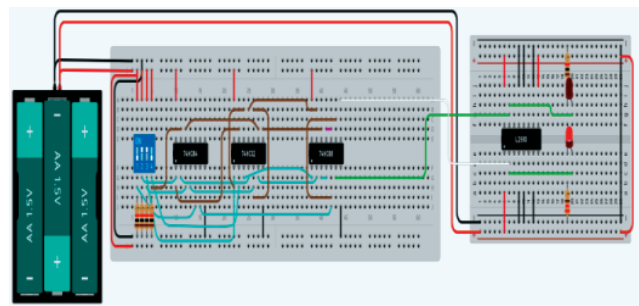


Fig. 19. Simulación circuito en función al movimiento del motor derecho.

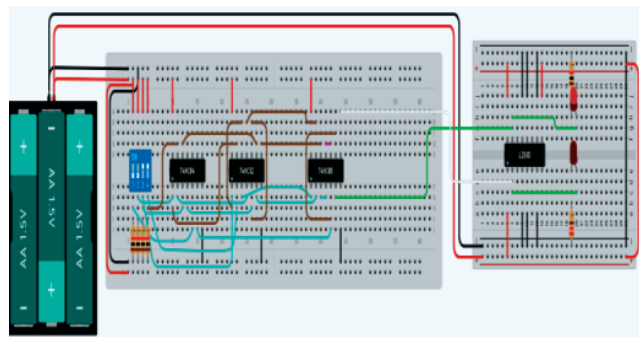


Fig. 20. Simulación circuito en función al movimiento del motor izquierdo.

## VI. RESULTADOS OBTENIDOS

### A. Cableado Final Del Driver L293D.

En la siguiente imagen se evidencian todas las conexiones necesarias para el perfecto funcionamiento del Driver L293D las cuales son (ver figura 21).

- Conexión de los 2 Motores.
- Conexión de los 3 Sensores
- Conexión de Voltaje.
- Conexiones a Tierra.

### B. Compuertas lógicas

En esta imagen se ven las relaciones entre compuertas, las cuales le dan autonomía al carro, los componentes que se ven son los siguientes (ver figura 22).

- Compuerta Negadora 74LS04.
- Compuerta De Productos 74LS08.
- Compuerta De Sumas 74LS32.
- 2 Led's Rojos

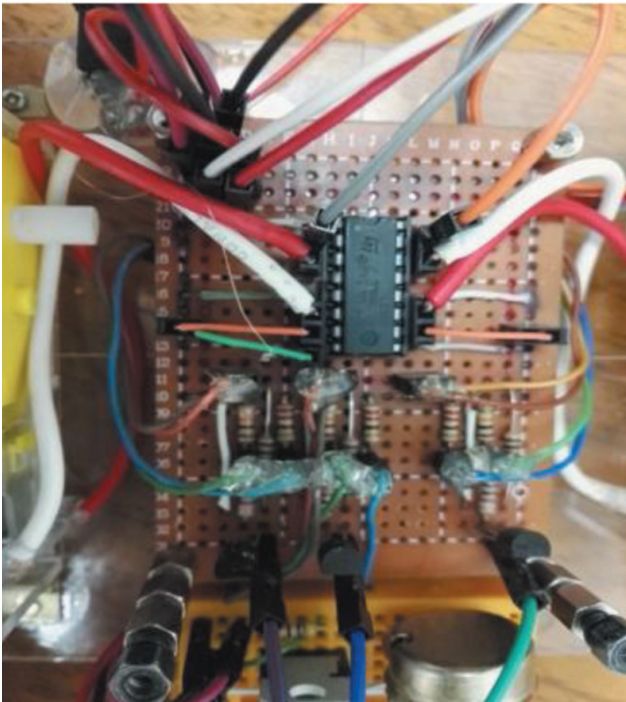


Fig. 21. Implementación Del Driver L293D.

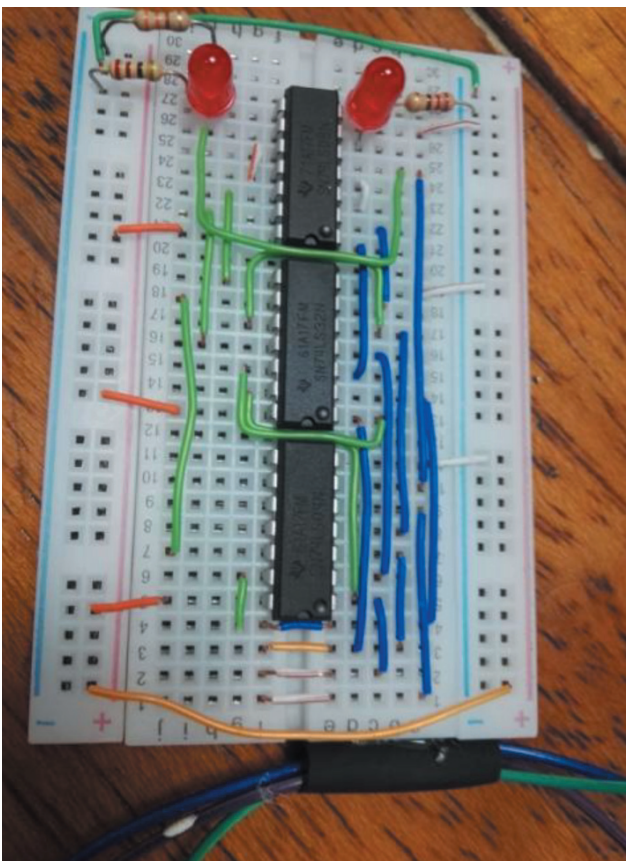


Fig. 22. Autonomía y complejidad del carro.

### C. SHARP GP2Y0D805Z0F y Sensores CNY70

En la imagen que sigue se ve el posicionamiento del sensor de obstáculos con los 3 sensores seguidores de línea (ver figura 23).

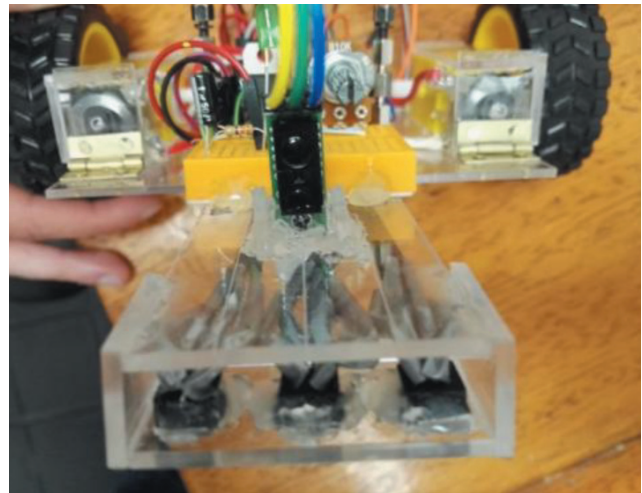


Fig. 23. Posicionamiento de los sensores.

### D. Cableado De Motores y Fuente De Voltaje

En esta próxima imagen se visualizan los motores conectados debidamente al driver L293D y donde quedan las salidas que se conectan a una fuente de voltaje (Batería, Cargador, etc.) (ver figura 24).

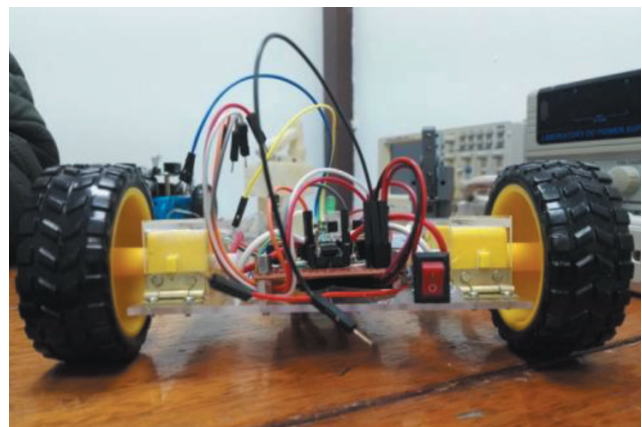


Fig. 24 Motores y Fuente.

### E. Carro final

En la última imagen se pueden ver todos los componentes del carro en perfecta posición, y a la vez dándole el más eficaz y óptimo funcionamiento realizado en esta investigación (ver figura 25).

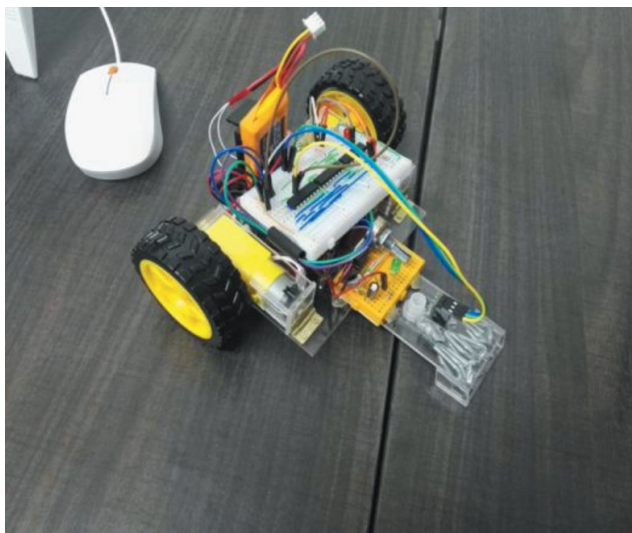


Fig. 25. Prototipo Final.

## VII. CONCLUSIONES

Para concluir este trabajo podemos evidenciar que para llegar a la solución de este problema se necesitó investigar sobre cada componente del circuito como los son sensores, transistores, resistencias, potenciómetros, led's y cada una de las compuertas necesarias para la solución óptima de este proyecto, de este modo también se solucionó cada uno de los inconvenientes físicos y lógicos del carro como lo fueron:

- El chasis fue algo trascendental en la solución y eficacia en la creación de este carro, porque con este se pudieron acomodar adecuadamente cada uno de los elementos del modelo funcionando cada uno perfectamente sin afectarse entre sí.
- La organización de la implementación de cada componente en la protoboard, dándole estilo y una fácil comprensión del cableado en el circuito.
- El voltaje y la corriente fueron unas de las variables más importantes para que el sistema electrónico y en especial el sensor digital detector de objetos funcionaran adecuadamente, ya que de estos dependían el funcionamiento de los motores, sensores de línea y que el detector de objetos lograra frenar al detectar un obstáculo.

Este tipo de trabajos son muy dinámicos y prácticos que hacen que nosotros como estudiantes exploremos y aprovechemos más de nuestras capacidades físicas y mentales frente a la solución de cualquier situación o circunstancia que se nos presente, logrando superar estas dificultades de manera eficaz y perspicaz dando un mejor desempeño de uno mismo.

## REFERENCIAS

- [1] Tecnosefarad. El blog de Tecnología del IES Sefarad (Toledo). Disponible en: <http://www.tecnosefarad.com/2014/03/sensor-de-infrarrojos-cny70-como-entrada-digital/>. 2014.
- [2] Pololulu. Sharp Corporation [Internet]. Disponible en: <https://www.pololu.com/file/0J284/GP2Y0D805Z0F.pdf>. 2016.
- [3] Fletcher, William (1980). An engineering approach to digital design (en inglés). Prentice-Hall. p. 78. ISBN 0-13-277699-5.
- [4] P. García, Compuertas Lógicas (Electrónica Digital) NAND, NOT [Internet]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=7gJqFfw7034>. 2015.
- [5] Ecured, Circuitos [Internet]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Circuito\\_integrado\\_7408](https://www.ecured.cu/Circuito_integrado_7408). 2013.
- [6] P. García, Curso Electrónica Digital Básica - Compuertas lógicas (AND) [Internet]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=O9DtyHnp5aI>. 2015.
- [7] Electronica-teoriaypractica, Electrónica: teoría y práctica [Internet]. Disponible en: <http://electronica-teoriaypractica.com/circuito-7432-ttl/>. 2011.
- [8] P. García, Compuerta OR, circuito para comprobar la tabla de verdad [Internet]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9owIr0Uc3bI>. 2015.
- [9] A. García González, Electrónica [Internet]. Disponible en: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-potenciometro/>. 2016.
- [10] Ecured. Circuitos [Internet]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Transistor\\_2N2222](https://www.ecured.cu/Transistor_2N2222)
- [11] Enrique Educachip, Regulador [Internet]. Disponible en: <http://www.educachip.com/regulador-de-voltaje-lm317/>. 2014.
- [12] M. Villasur, Driver L293D [Internet]. Disponible en: <http://www.manuelvillasur.com/2012/10/driver-l293d-de-texas-instruments.html>. 2012.





<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# REDISEÑO DE LOS PROCESOS DEL ÁREA DE COMPRAS E INVENTARIOS DE LA EMPRESA CONOS DEL SUR A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DEL BPM\*

*Redesigning purchase and inventory departement  
for the company conos del sur with the application of the BPM*

DIANA CAROLINA MARTÍNEZ MONTERO<sup>1</sup>, ING. ÉVER ÁNGEL FUENTES ROJAS MBA<sup>2</sup>

Recibido:17 de abril de 2018. Aceptado:02 de mayo de 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2018.v5.n10.a53>

## RESUMEN

Actualmente es común encontrar en las organizaciones problemas en cuanto a procesos, infraestructura tecnológica implementadas y deficiencias funcionales, lo cual conlleva a problemas como la falta de integración entre áreas, inestabilidad en la estructura organizacional y la generación de valor, tanto de la productividad como en los sistemas de información; viéndose reflejado en bajos desempeños y el no cumplimiento de las políticas corporativas. Conos del Sur SAS es una compañía con 10 años en el mercado gastronómico de la ciudad de Bogotá, y se ha visto afectada por esta problemática, debido a esto y buscando una solución a la misma se desarrolló el presente artículo.

Basado en el diagnóstico realizado, en el área de compras e inventarios, se encontraron oportunidades de mejora mediante la metodología BPM, la cual permite enfocar la estructura organizacional, los procesos y sistemas que actualmente funcionan en la compañía, de esta manera se logra priorizar, identificar y clasificar procesos esenciales en la cadena de valor de la compañía. Se genera una base de conocimientos para establecer actividades y elementos que deben continuamente ser evaluados y analizados bajo estándares BPM hasta la creación y registro de indicadores de gestión, llevando a generar ciertas recomendaciones. Finalmente se aplican las soluciones propuestas, teniendo resultados muy positivos como la disminución de hasta un 58% en algunos costos, en los cuales se puede seguir trabajando para lograr mejores resultados.

Palabras clave: Optimización de procesos, Bussiness Process Management, estructura organizacional, cadena de valor, oportunidades de mejora.

## ABSTRACT

Currently it is common to find in organizations problems in terms of processes, technological infrastructure implemented and functional deficiencies, which leads to problems such as the lack of integration between areas, instability in the organizational structure and the generation of value, both in productivity and in information systems; being reflected in low performance and non-compliance with corporate policies. Conos del Sur SAS is a company with 10 years in the gastronomic market of the city of Bogotá, and has been affected by this problem, due to this and looking for a solution to it the present article was developed.

Based on the diagnosis made, in the area of purchases and inventories, opportunities for improvement were found through the BPM<sup>[3]</sup>, which allows focusing on the organizational structure, processes and systems that currently work in the company, thus prioritizing, identify and classify essential processes in the company's value chain. A knowledge base is generated to establish activities and elements that must be continually evaluated and analyzed under BPM standards

\* Artículo resultante de la revisión desarrollada para el trabajo de grado de pregrado en Ingeniería Industrial, de la Universidad Libre, titulado "Rediseño de los procesos del área de compras e inventarios de la empresa Conos del Sur a través de la aplicación del BPM" -2017-

<sup>1</sup> Estudiante X semestre Ingeniería Industrial, Universidad Libre, Bogotá, Colombia. [dianac.martinezm@unilibrebog.edu.co](mailto:dianac.martinezm@unilibrebog.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero industrial Universidad Libre, Bogotá, Colombia, MBE Herriut Watt University, Edinburgo, Escocia, docente Universidad Libre, Bogotá, Colombia [ever.fuente@unilibre.edu.co](mailto:ever.fuente@unilibre.edu.co)

<sup>3</sup> Quedará el antecedente que la metodología utilizada será BPM (Bussines Process Management)

until the creation and registration of management indicators, leading to the generation of certain recommendations. Finally, the proposed solutions are applied, with very positive results such as the reduction of up to 58% in some costs, in which work can continue to achieve better results.

**Keywords:** Process optimization, Business Process Management, organizational structure, value chain, opportunities for improvement.

Clasificación JEL. C61, C88, G38, L83, M14

## I. INTRODUCCIÓN

UNO DE LOS DEPARTAMENTOS más importantes en una compañía es el de compras, en este recaen responsabilidades de adquisición de los insumos necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, de igual forma es responsable de mantener los stocks necesarios para evitar desabastecimientos, pero el área no solo se encarga de esto, también es de vital importancia que se encargue de adquirir productos a bajos costos, altas calidades y en los tiempos necesarios, en otras palabras se encarga de ayudar a producir más utilidades a la empresa [1].

La empresa Conos del Sur SAS desde su constitución ha manejado el departamento de compras de una manera, se podría decir que, algo empírica, no se evidencia estandarización de procesos ni documentación de los mismos, lo cual ha afectado a la compañía, este proyecto busca estandarizar procesos y documentarlos de tal forma que las personas que se encarguen en un futuro del área tengan claros cada uno de los procesos.

Para poder lograr esto, se propone la utilización de la metodología B.P.M cuyo objetivo es mejorar el desempeño (eficiencia y eficacia) y la optimización de los procesos de negocio de una organización, buscando diseñar, modelar, organizar, documentar y optimizar dicha área.

En la actualidad las compañías se han concienciado y han realizado grandes aportes al medio ambiente, se detectó que la compañía invierte gran parte de los recursos en papelería, el 30% de estos son utilizados en impresiones de inventarios, recepción de pedidos y otras actividades relacionadas con el área. Pensando en esto el proyecto se buscó conseguir el máximo ahorro, implementando formatos virtuales y los que necesariamente se deben imprimir se logran simplificar con la información necesaria, logrando una disminución de este recurso, de esta manera se genera un aporte a los activos de la compañía y al medio ambiente.

## II. BUSSINES PROCESS MANAGEMENT (BPM)

Dentro de toda compañía se establecen distintos tipos de operaciones, BPM es un conjunto de herramientas, métodos y tecnologías de información procesos y gobierno, utilizadas para controlar, analizar, diseñar y mejorar el rendimiento de estas [2], BPM abarca, personas, sistemas, negocios, proveedores y clientes, por medio de métodos y herramientas probados y establecidos como un software empresarial [3].

Esta metodología permite a los directivos medir, controlar, aplicar sus habilidades de forma directa, mejorar el rendimiento propio y de su personal y ver la compañía como un todo con el fin de responder rápidamente a cambio y dificultades que se puedan presentar a la hora de cumplir sus objetivos [4].

La gestión (dimensión de capacitación): En esta se puede encontrar a las personas y los sistemas en trabajo conjunto para que los procesos logren los fines y objetivo del negocio. BPM acopia los sistemas, métodos y técnicas con que se desarrollan los procesos en sistemas estructurados completo, con las herramientas necesarias para dirigirlo y afinarlo [5].

BPM y la tecnología: En la actual era digital, una compañía debe estar a la vanguardia con la actualidad, por ello BPM es la clave, el catalizador, la fórmula para que la compañía sea más rápida y efectiva, esto permite flexibilidad gestión y control de información y datos [6].

BPM es el resultado de la combinación de avances tecnológicos con métodos y prácticas, establecidas de un modelo empresarial centrado en el proceso. Esto incluye todo lo necesario para diseñar y modelar los procesos, abarcando la cadena de valor y coordinación de roles del capital humano, de sistemas y otros recursos necesarios, de igual



forma permite la integración del negocio, sistema de información, de control, fuente de datos y cualquier otra tecnología [7].

**Los cuatro Pilares del BPM:** Estos se deben tener en cuenta si se quiere progresar en cuanto a la madurez en BPM estos son (Ver Fig. 1) [8]:



Fig. 1. Los cuatro pilares del BPM. Fuente: Elaboración propia

**Formación BPM:** Es fundamental que se dé la formación necesaria para poder alinear la estrategia de implementación del BPM con cada organización, esta formación debe ser expansiva y evolutiva (Ver Fig. 2) a mediano y largo plazo [9].

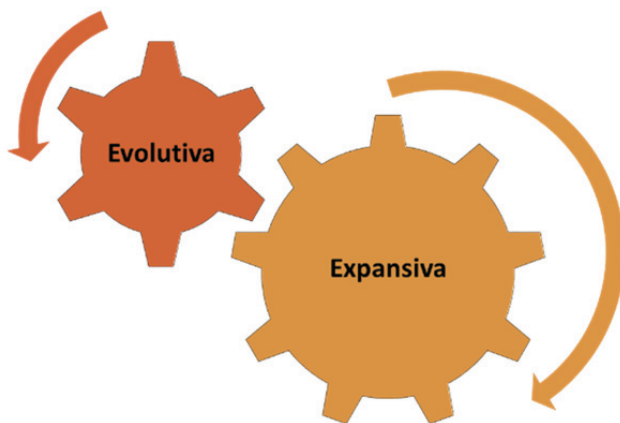


Fig. 2. Tipos de formación BPM. Fuente: Elaboración propia.

**Cambió cultural enlace orgánico o gestión del cambio:** factor crítico de éxito para lograr una gestión de procesos y una gestión por procesos, en esta gestión se pueden presentar dos factores vitales: Resistencia al cambio y a la cultural (Ver Fig. 3) [10].

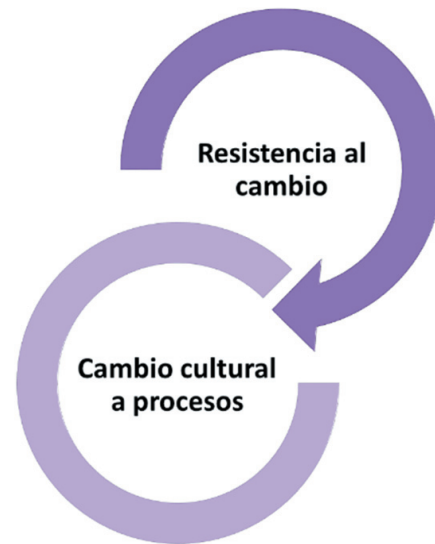


Fig. 3. Cambios culturales BPM. Fuente: Elaboración propia.

### III. ÁREAS DE COMPRAS

Cualquier empresa depende de proveedores para poder subsistir necesitan de insumos específicos como materia prima, maquinaria servicios entre otros, con un abastecimiento garantizado y que fluya de manera continua, para esto la compañía necesita de un departamento de compras el cual es el responsable del abastecimiento de insumos y materiales necesarios para el correcto funcionamiento del sistema empresarial [11].

#### A. Objetivo general y responsabilidades del área de compras

El departamento de compras es el encargado de conseguir los materiales correctos en una cantidad apropiada obtenidos en el momento y lugar conveniente de los proveedores correctos con un servicio oportuno y a un precio conforme (Ver Fig. 4).

El comprador puede ser considerado un malabarista ya que tiene que coordinar cada una de las actividades para poder cumplir con su objetivo [12].



Fig. 4. Objetivos del departamento de compras[12].

## B. Proceso de compras

En la Fig. 5 se muestran los procesos de compras, se relaciona todo el proceso y consideraciones importantes para obtener los objetivos esperados del área.

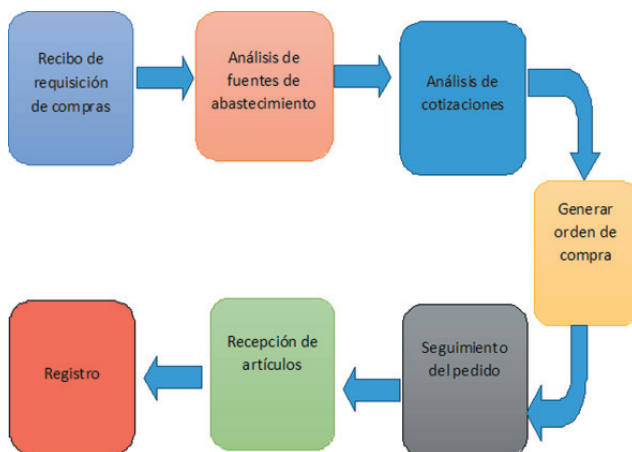


Fig. 5. Proceso de compras. Fuente: Elaboración propia.

## C. Recibido de requisición de compras

Son las solicitudes de compras que se hacen al departamento [13].

## IV. PROCESO

Cualquier actividad o grupo de actividades que tiene una entrada se le agrega valor y se le entrega a un cliente final, para poder realizar un proceso se necesita de cuatro elementos los cuales son: Serie de equipos e instalaciones, materia prima, procedimientos y finalmente habilidades y conocimientos para poder realizarlo sin estos cuatro elementos es imposible realizar cualquier tipo de procesos, un proceso modifica materiales, datos o personas hasta lograr el resultado esperado.

Los procesos se pueden clasificar en: Físicos, sistemáticos y lógicos (Ver Fig. 6).

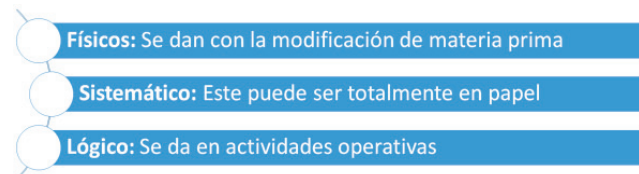


Fig. 6. Clasificación de procesos. Fuente: Elaboración propia.

Para poder entender y comprender un proceso particular es esencial tener en cuenta dos elementos:

- Visualizarlo mediante un gráfico: En este se indica los tipos de relaciones entre las actividades necesarias para llevar a cabo dicho proceso.
- Poder medirlo para conocer su rendimiento: Por medio de este se mide como está funcionando este proceso y su evolución en el tiempo, con estos datos se puede establecer en qué momento se puede mejorar o cambiar dicho proceso[14].

## V. INVENTARIO

Es el registro (Ver Fig. 7) de bienes existentes y la clasificación de los mismos, que adicionalmente contablemente representa un activo es decir para la compañía significa dinero, el inventario es un componente del sistema logístico el cual controla el movimiento y almacenaje de mercancías y materiales a través de la cadena de suministros, los inventarios están constituidos por: Materias primas, productos en proceso, productos en fabricación o transformación y productos

terminados, estos inventarios deben ser controlados y mantener la existencia de los materiales a niveles deseados, el inventario deberá ser vigilado, controlado y organizado para cumplir satisfactoriamente la elaboración de un producto o servicio cumpliendo siempre con las normas y políticas de la organización [15].

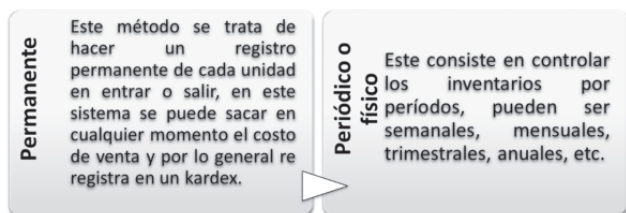


Fig. 7. Registro de inventarios. Fuente: Elaboración propia.

## VI. COSTO

Existen dos métodos de costeo: El primero costo promedio el cual busca hallar el costo promedio y costos primeras en entrar primeras en salir (PEPS) las primeras compras realizadas son las primeras en salir cuando se realiza una venta (Ver Fig. 8).

Busca hallar el costo promedio de cada uno de los objetos que hay en el inventario final cuando las unidades con idénticas, pero han sido adquiridos en tiempos y precios distintos

• COSTO PROMEDIO

Las primeras compras realizadas son las primeras en salir cuando se realiza una venta (PEPS)

• PRIMERAS EN ENTRAR PRIMERAS EN SALIR

Fig. 8. Tipo de costos [14].

Relación costo-beneficio: Se da cuando se invierte una cantidad de recursos ya sea en tiempos o bienes materiales con el fin de obtener una compensación de esta inversión, al realizar estos tipos de inversiones se debe ser consciente de el alto nivel de riesgo que se tiene también llamado conciencia de inversión, para poder tener un buen resultado, se debe estar actualizado ya que no siempre la inversión que se realizó cierto tiempo atrás podría tener el mismo resultado en el presente, cuando se realizar correctamente el análisis de costo y beneficio se debe hacer un correcto análisis antes de tomar alguna decisión o hacer alguna inversión hará de esta forma saber si va a traer algún beneficio o no [16].

Sistema de indicadores de gestión: Son una o varias variables que mide de manera cualitativa o

cuantitativa los sucesos de una gestión, un indicador tiene tres características esenciales. Tabla I, Figura 9.

Tabla I. Características de un indicador.

|                                  |   |   |
|----------------------------------|---|---|
| Disponibilidad de la información | Debe ser simple que se pueda realizar de manera rápida y objetiva | Debe ser sensible para que en dado de cambio de alguna operación el indicador tome dicho cambio |
|----------------------------------|---|---|

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 9. Tipos de indicadores de gestión.

Fuente: Elaboración propia.

Para un sistema de gestión lo fundamental no solo es lograr los resultados esperados, sino lograrlo con el mejor método y el más económico. Bien sea que se trate de resultados corporativos, de una parte, de la organización, de un proceso, de un proyecto o de la gestión de los individuos todo se podría resumir en "hacer lo correcto correctamente".[14].

## VII. METODOLOGÍA

A continuación, se encuentra la metodología utilizada en el transcurso del proyecto, el cual describe detalladamente el proceso realizado para cumplir a cabalidad los objetivos propuestos (ver tabla II).

Tabla II. Metodología del proyecto.

| Objetivo  | Metodología   |
|---|---|
| Rediseño de procesos del área de compras e inventarios de la empresa CONOS DEL SUR a través de la aplicación del BPM                | Se realizó un muestreo aleatorio simple en el cual se estableció la muestra de los productos y proveedores para poder recolectar información de los diferentes procesos que se desarrollan.                                   |
| Diagnóstico de la situación actual del área de compras y su relación con los procesos productivos y comerciales de la organización. | Se generó una base de datos en Excel la cual permitió sistematizar los diferentes datos ya que ellos no presentan registros, esto aportó a la realización de cálculos estadísticos con los cuales se propusieron las mejoras. |
| Estandarización de procesos en el área de compras e inventarios a través de herramientas de ingeniería.                             | Por medio de muestras y análisis de datos tomados del software actual de la compañía, se evaluó el uso y se logró optimizar algunas actividades   |
| Implementación y rediseño generando un sistema de indicadores de gestión que permita medir su impacto.                              | Se generaron hojas de vida de indicadores, por medio de los cuales se mide el impacto y desempeño de los procesos mejorados, creando de esta manera alertas en caso de alguna falla.  |
| Evaluación de implementación del área   | Después de realizada la implementación, se evaluaron los resultados obtenidos por medio de gráficos, tablas y las herramientas necesarias para poder determinar los resultados del proyecto                                   |

Fuente: Elaboración propia.

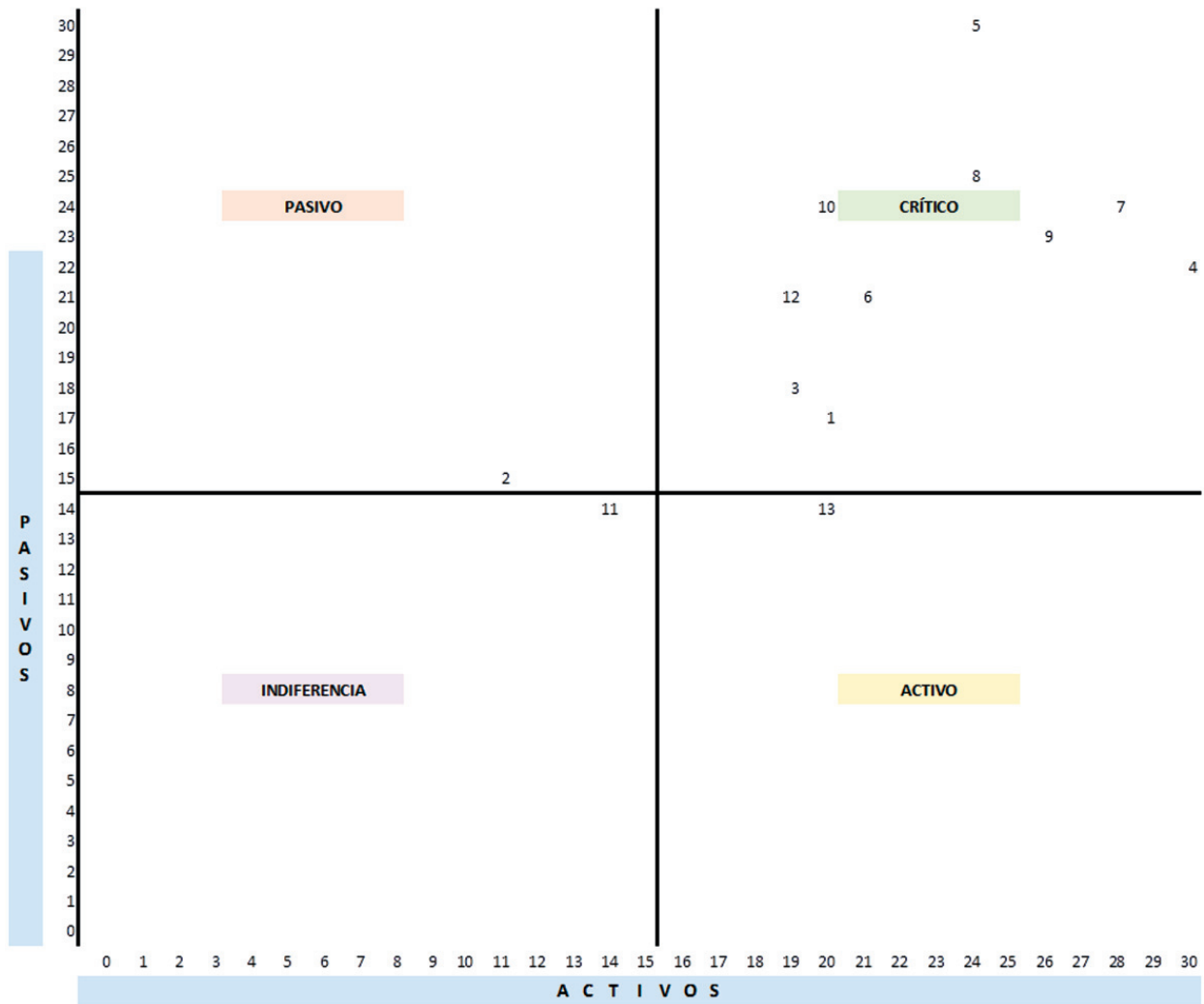
### VIII. REDISEÑAR LOS PROCESOS DEL ÁREA DE COMPRAS E INVENTARIOS DE LA EMPRESA CONOS DEL SUR A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DEL BPM

Para poder priorizar los problemas identificados anteriormente se realizó el diagrama de vester (Ver tabla III) el cual ayuda y facilita la identificación de la problemática con mayor impacto en la compañía analizada. Esta técnica fue desarrollada por el alemán Frederic Vester la cual se puede aplicar en los campos que se desee. Mediante la asignación de una calificación se evalúa en qué medida un problema tiene influencia sobre los demás. Se debe realizar un listado con los problemas generales en el objetivo de estudio enseguida se realiza la gráfica 1, en donde el eje X van los problemas, del primero al último, de manera horizontal, y en el eje Y manera vertical y se grafican esta cuenta con 4 cuadrantes los cuales identifican la prioridad de los problemas: Pasivos, críticos, indiferentes y activos, siendo los críticos los que primero se deben atacar [17].

Tabla III. Diagrama de Vester

| Desempeño área de compras |   |
|---------------------------|---|
| 1                         | Análisis fuente de abastecimiento             |
| 2                         | Solicitud de cotizaciones                     |
| 3                         | Actualización listados de precios             |
| 4                         | Flujo continuo de la materia prima            |
| 5                         | Órdenes de compras                            |
| 6                         | Seguimiento del pedido                        |
| 7                         | Control calidad del producto adquirido        |
| 8                         | Recepcion de artículos                        |
| 9                         | Registro de artículos                         |
| 10                        | Control de inventario                         |
| 11                        | Control de despachos                          |
| 12                        | Mantener al mínimo los niveles de inventarios |
| 13                        | Registro bajas materia prima                  |

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica. 1. Diagrama de Vester. Fuente: Elaboración propia.

La matriz de VESTER da un diagnóstico más profundo de los principales problemas, que afectan el área de compras, dando un resultado bastante preocupante ya que 10 de los 13 problemas se encuentran en el cuadrante crítico, esta serie de problemas trae graves consecuencias para la compañía (Ver Fig. 10).

Se notó que la carta de productos es bastante extensa y poco clara (Ver Fig. 11 y 12) dando como resultado, la compra, mantenimiento y almacenamiento de un gran número de materias primas, por ello se analizó la información de ventas por producto noviembre 2016 a febrero 2017 mostrando si es necesario o no la eliminación de ciertos productos del menú (Ver tabla IV y gráfica 2).

Tabla IV. Consolidación informe de compras

| CONSOLIDADO POR PROVEEDOR |          | Columna                   | Columna2     | Columna3  |
|---------------------------|----------|---------------------------|--------------|-----------|
| COMPRAS                   |          | TOTALES                   | CONTABILIDAD | TOTALES   |
| CONSOLIDADO POR CATEGORÍA | COLUMNA1 | CONSOLIDADO POR PROVEEDOR |              | Columna10 |
| CATEGORÍA                 | TOTALES  | PROVEEDOR                 |              | TOTALES   |

Fuente: Elaboración propia.

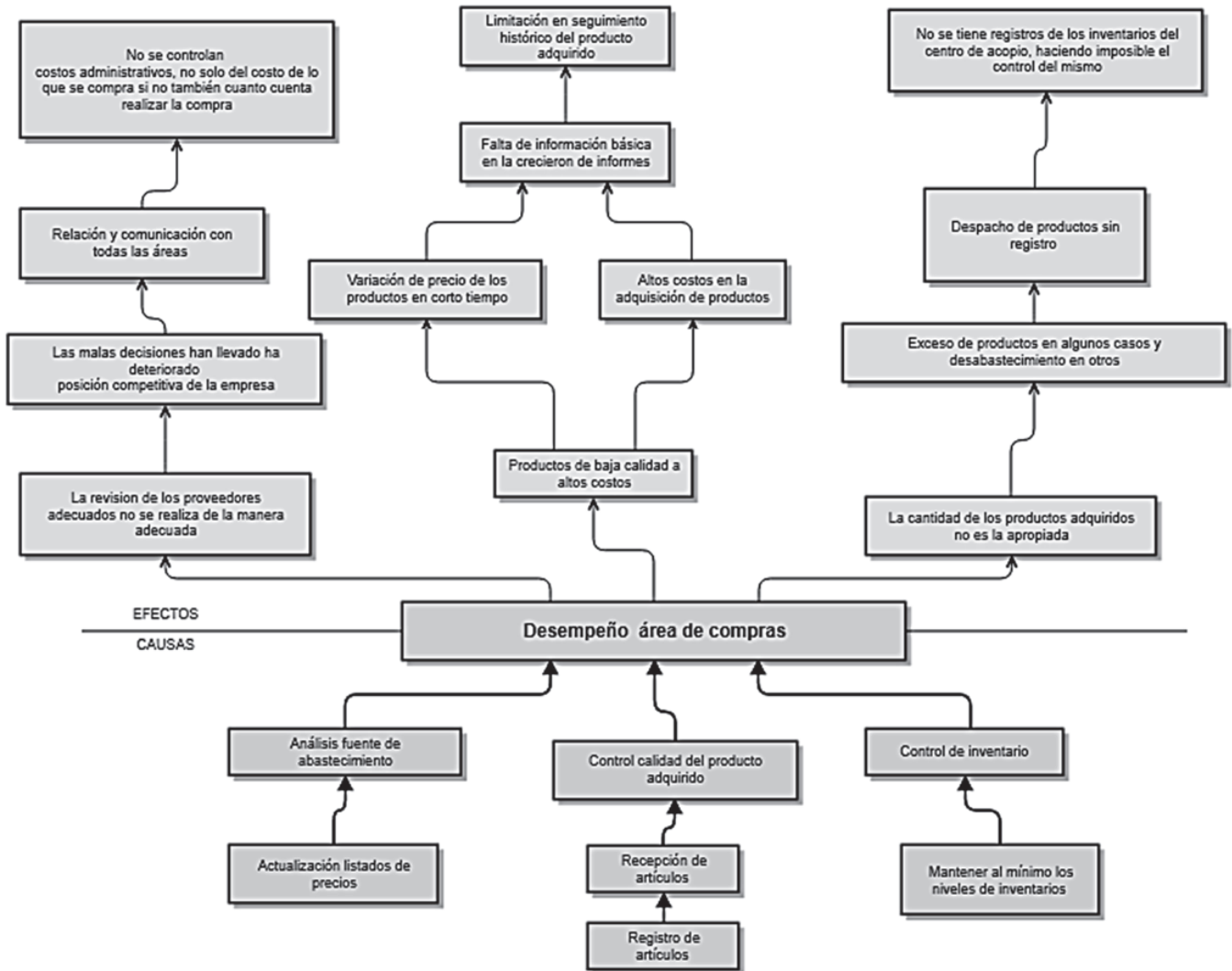
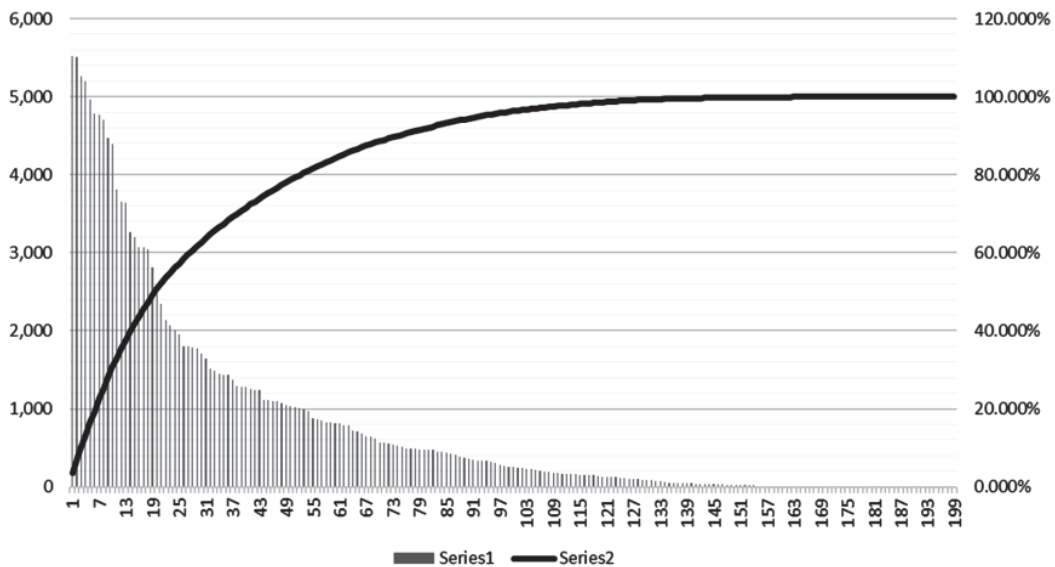


Fig. 10. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 2. Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración del autor.

# TOSTADAS

Desde \$1.000 por tostada hasta \$12.000 por 20 unidades para llevar.

- Proteínas**
  - Lomo Saltado
  - Pollo desmechado
  - Ropa Vieja
  - Chorizo Salteado
- Adiciones**
  - Hogao
  - Maduritos
  - Guacamole
  - Suero Costeño
  - Suero Chipotle
  - Queso Paiza
  - Frijol Refrito

Pregunta por el menú de TOSTADAS PARA LLEVAR. 20 Unidades \$12.000



# ENTRADAS

- Edamame**: Frijol de soya cocinado, servido con vinagreta de ajonjolí.
- Vegetales Tempura**: Repollo chino, cebolla y auzche con vinagreta asiática y salsa de cilantro.
- Sopa Mexicana**: Con pollo, queso doble crema, aguacate, totopos con o sin jalapeños.



# ENSALADAS

- Ensalada Conosur**: Con repollo chino, pollo a la plancha, ajonjolí, yuca frita y vinagreta de gengibre y ajo.
- Ensalada de Quinoa**: Quinoa, pimentón asado, edamame, champiñones salteados y vinagreta de miel mostaza.

Los precios incluyen el 8% de impuesto al consumo.

# CONOS DE PATACÓN

Todos los conos de patacón tienen guacamole en la parte inferior.

- Fajita mexicana**: \$1.900
- Pollo, suero, frijol refrito y pico de gallo**: \$1.900
- Reina pepurita**: \$4.900
- Quinoa salteada con champiñones, edamame, pimentón asado y miel**: \$1.900
- Pollo tenyaki**: \$1.900
- Pollo salteado con cebolla, auzche y salsa tenyaki**: \$1.900
- Carribeño de pollo**: \$2.900
- Pollo desmechado con guacamole y plátanos maduros, carajás y suero costeño**: \$4.900
- Pollo apanado**: \$4.900
- Vegetales salteados y salsa dulce de soya**: \$1.900
- Encocado de mariscos**: \$4.900
- Tipu casala con arroz con coco**: \$4.900
- Camarones al ajillo**: \$4.900
- Lomito de entraña con cebolla, tomate, salsa shaker y arroz chaufa**: \$4.900
- Carribeño**: \$4.900
- Ropa vieja, guacamole, plátanos maduros, carajás y suero costeño**: \$4.900
- Ropa vieja**: \$4.900
- Ceviche frito**: \$4.900
- Ceviche Conosur**: \$4.900
- Ceviche Cartagenero**: \$4.900
- Ceviche Ecuatoriano**: \$4.900
- Ceviche Mexicano**: \$4.900
- Ceviche Lito**: \$4.900
- Costeño**: \$4.900



Legend: P. Picante, P. Picante opcional, Vegetariano, Vegetariano opcional.

# TEMAKIS

CONOS DE SUSHI ENROLLADO A MANC. Pídelos también con QUINUA en vez de arroz por \$500 adicionales.

- Calamar Teriyaki**: \$4.900
- Calamar Chiptole**: \$4.900
- Calamar tempura**: \$4.900
- Camarones apanados**: \$4.900
- Camaron Philadelphia**: \$4.900
- Camarones al ajillo**: \$4.900
- Langostinos apanados**: \$4.900
- California**: \$4.900
- Palmitos de cangrejo**: \$4.900
- California Tempura**: \$4.900
- Langostino Apanado**: \$4.900



Fig. 11. Carta de productos. Fuente: Área de mercadeo Conos del Sur, 2017.

## IX. ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS

Renovación de la carta menú la cual se encontraba desactualizada y deteriorada, adicionalmente se organizaron los productos por proteína, se separan los conos vegetarianos de los demás, se agrega información de eventos (Ver Fig. 12).

Se eliminaron 15 ítems de productos, con esto se logra sacar de algunas materias primas, logrando una reducción de adquisición y almacenamiento de las mismas.

Se reorganizan los formatos de inventarios y requisiciones, en los puntos de venta se manejaba un formato para bar y otro para la cocina, uno de los puntos que más llamo la atención fue que en los dos formatos se manejaban implementos de aseo teniendo un sobrecosto por punto.

Con el nuevo modelo se unifican por punto teniendo en cuenta la eliminación de las materias primas de los productos que se sacaron de la carta, la reducción en cuanto a impresiones fue de 7 impresiones a 2, las tablas se formularon en excel para que automáticamente con el inventario de cada punto arroje las unidades a enviar según la unidad de empaque, con estos cambios se dio un aporte importante tanto al costo de la compañía como al medio ambiente.



Fig. 12. Nuevo Menú. Fuente: Área de mercadeo Conos del Sur, 2017.

- Se logra reducir los envíos de materia prima a los puntos de venta de 6 a 3 días, reduciendo en el costo de transporte y recurso humano.
- Al realizar la estandarización de estos formatos, se continuo con los informes que se deben realizar en el área, la información al ser distinta en cada punto estos formatos eran mucho más dispendiosos y muy difíciles de entender, a continuación, se describirán cada uno de ellos y se mostrará el formato actual:
  - Informe de compras: En este informe como se mostró en el diagnóstico se utilizaba únicamente las unidades de compras y el último precio de adquisición de mercancía, debido a esto se adicionaron datos básicos como nombre de proveedores, fecha y número de factura, de esta forma es más fácil rastrear un problema y establecer precios de compra, en los formatos anteriores no se incluían datos de las facturas que se registraban, los cuales si fueron incluidos en los formatos nuevos, creado en un libro de Excel el cual permite no solo tener esta información si no

también consolida y compara los datos de ambos departamentos.

### 1) Situación actual del proceso de compras

El área de compras va directamente relacionada con la de procesos y contabilidad, el primer día de la semana se debe diligenciar el inventario completo de productos a cargo del jefe de procesos, este es recibido por el jefe de compras quien verifica los niveles de inventario, una vez culminado este proceso realizan los respectivos pedidos los cuales se gestionan vía: Telefónica, WhatsApp, correo electrónico y en algunos casos presencialmente, algunos de los pedidos no se solicitan por el departamento encargado si no por el jefe de procesos. Al llegar el pedido se llama al jefe de compras quien recibe y verificación de la mercancía solicitada. (Ver Fig. 13).

### 2) Proceso mejorado

Debido a los continuos problemas presentados en el proceso de compra recepción e inventario se reforma cada uno de los procesos en donde se establecen las tareas que debe desempeñar cada área son claras y no se presentan inconvenientes como: Pérdidas de facturación, pedidos desmedidos e

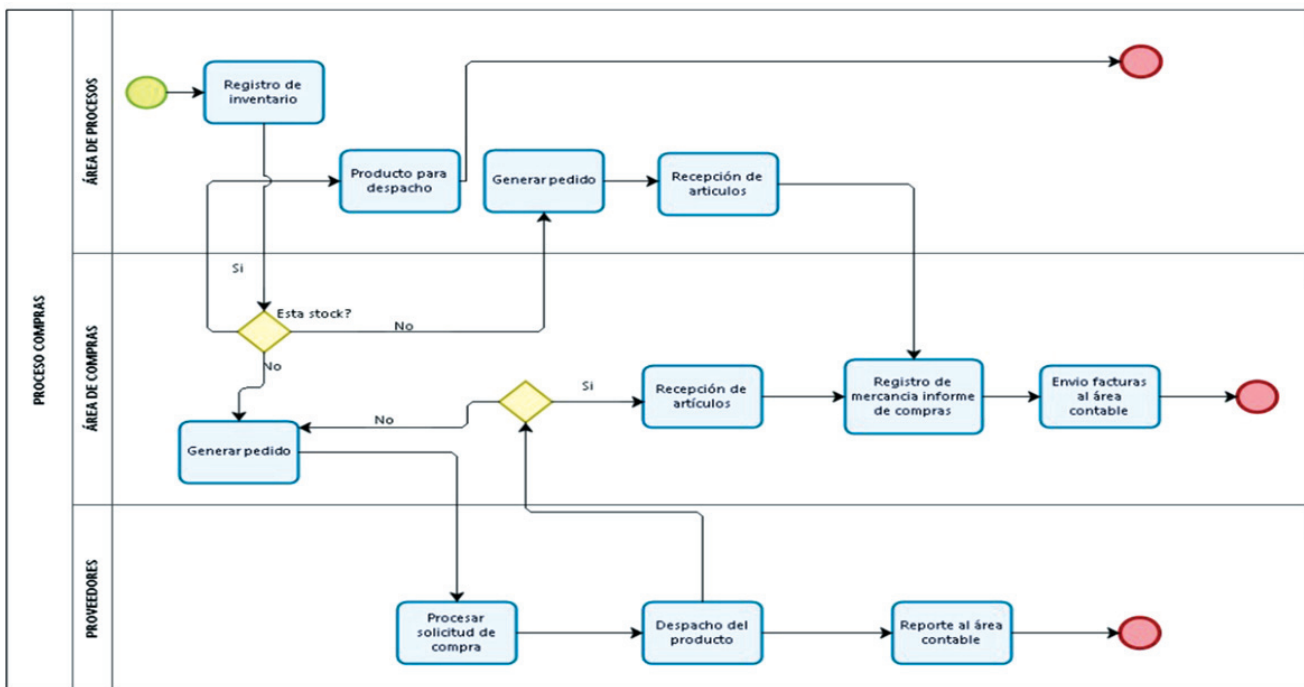


Fig. 13. Diagrama de procedimiento del área de compras. Fuente: Elaboración propia..



innecesarios, pérdida de mercancía por falta de control en inventarios, recepción de mercancía en mal estado y variación de calidad en los productos.

A continuación, se muestra la descripción de cada actividad en el proceso mejorado de recepción compra e inventario de la compañía (Ver Fig. 14):

- Da inicio con la elaboración los días lunes y viernes del inventario completo de la bodega y centros de almacenamiento por parte del área de procesos, se pasa el inventario a la persona encargada de compras.
- Después de recibido el inventario en compras se revisa el par stock y se realizan el pedido necesario a cada proveedor, estos se solicitan por medio del correo electrónico con una orden de compra la cual fe elaborada en Excel y permite tener claro el pedido y la cifra a cancelar.
- Los pedidos normalmente son recibidos el día siguiente a la solicitud, la recepción y

verificación de calidad es realizada por el área de compras.

- Las facturas recibidas son registradas en el informe de compras.
- Posteriormente las facturas se envían al área de sistemas, quienes alimenta el inventario en el sistema ALDELO y con el inventario que realizan las personas de proceso se hace una aplicación para verificar sobrantes y faltantes.
- Por último, las facturas son enviadas a cartera para su registro.

**Inventarios:** Al iniciar el proyecto se pudo evidenciar que la organización no presentaba un control de inventario en el área de procesos el cual es el punto más sensible de la compañía ya que en este se almacenan procesan y despachan todas las materias primas obtenidas, debido a este inconveniente el informe de costos presentado por el área contable no arrojaba los datos coherentes por ende

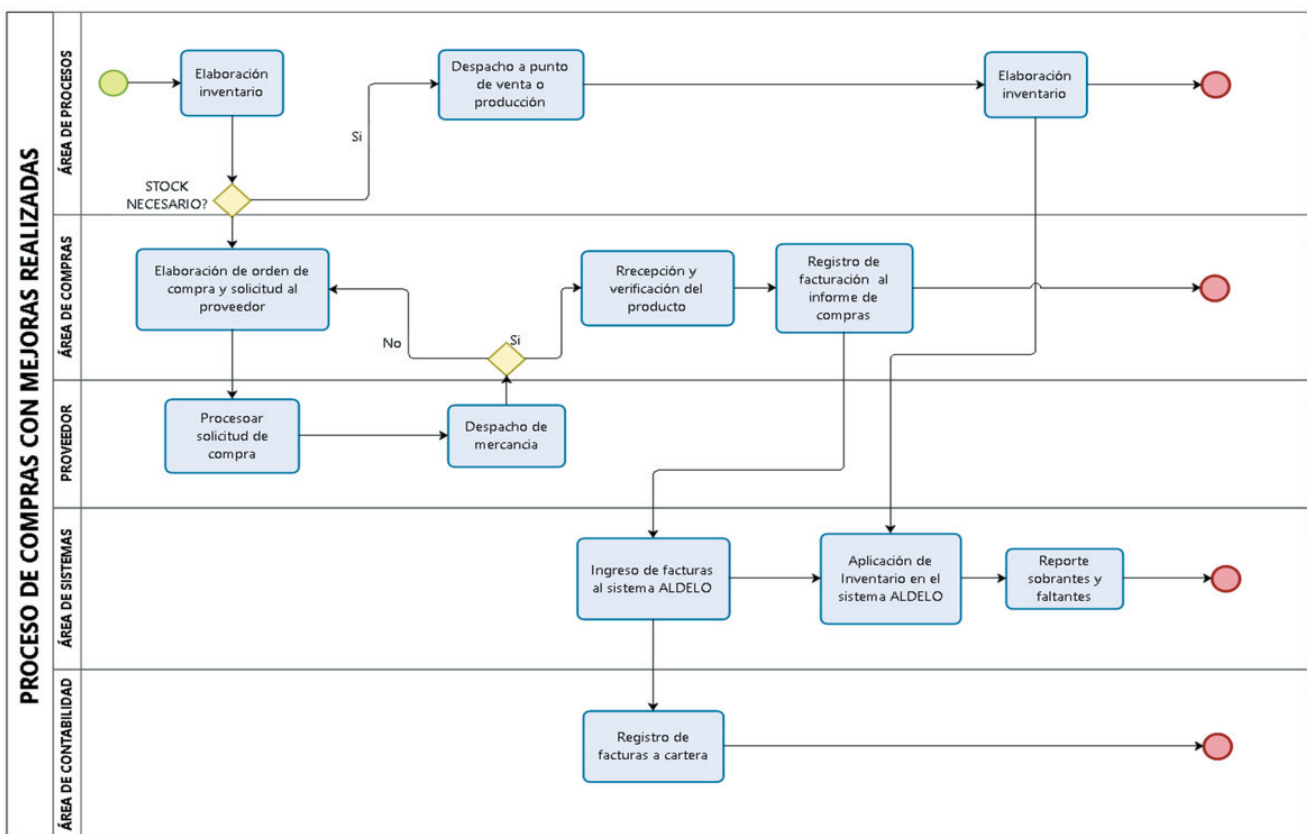


Fig. 14. Proceso de compras con mejoras realizadas. Fuente: Elaboración propia..

se debían hacer ajustes arrojando como resultados datos poco confiables.

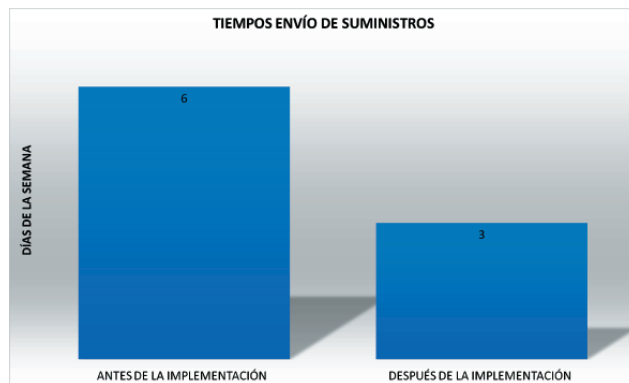
Para el despacho de los productos se utiliza un software para restaurantes obtenido por la compañía llamado ALDELO, el cual ofrece una manera excelente para administrar clientes, empleados e inventario, este programa no solo es utilizado en el centro de procesos sino también en cada uno de los puntos de venta, la sub utilización del mismo se podía ver claramente en el centro de procesos ya que el programa era utilizado únicamente para registrar los productos que salían pero no para realizar un control de inventarios.

Se realizó una reunión en donde se llega a un acuerdo con el área de sistemas hará una revisión de las recetas y pruebas por dos meses en los cuales se evaluará el software y se realizarán los ajustes pertinentes, pasados estos dos meses se aplicarán los inventarios dos veces por semana y se realiza una reunión haciendo un empalme de la información, la mercancía faltante la asumirá el área responsable.

## X. BENEFICIOS DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

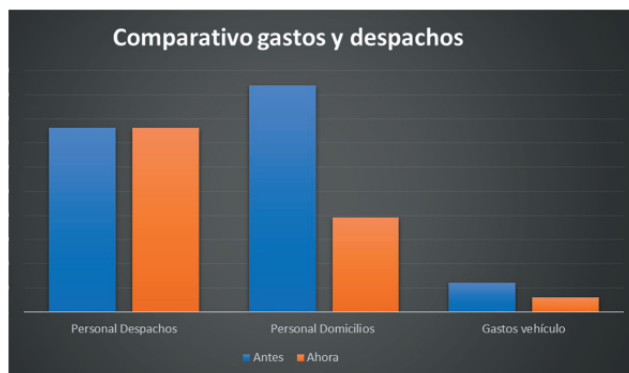
Los beneficios que el proyecto espera traer al proceso se ven reflejados en varios aspectos los cuales se relacionan a continuación:

- Disminución en los días de envío de mercados a los distintos puntos de venta, dado que se replanteó el inventario se logra disminuir los días de entregas de seis días a la semana a tres, teniendo una reducción del 50% en tiempos hora hombre al igual que recursos físicos como los invertidos en el movimiento del camión transportador (Ver gráfica 3).
- Con la disminución en días de la semana de seis a tres días, se logra que el personal encargado de dichos despachos se le asignen otras tareas como lo son domicilios de puntos de venta, para esta labor la compañía terceriza el servicio con la empresa aliada TRALOG con un cobro por hora, de esta manera se logra disminuir 21 horas al mes, adicional a esto el rodamiento y gastos de



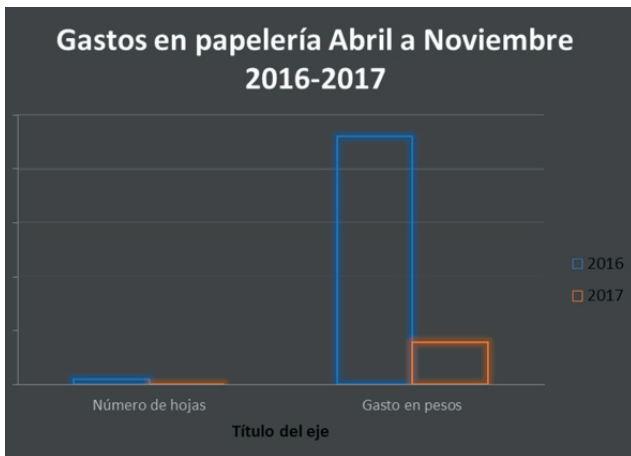
Gráfica 3. Comparativo tiempo de envío semanales. Fuente: Elaboración propia.

combustibles del vehículo en el cual son movilizadas estos productos tiene una disminución de un 50% (Ver gráfica 4).



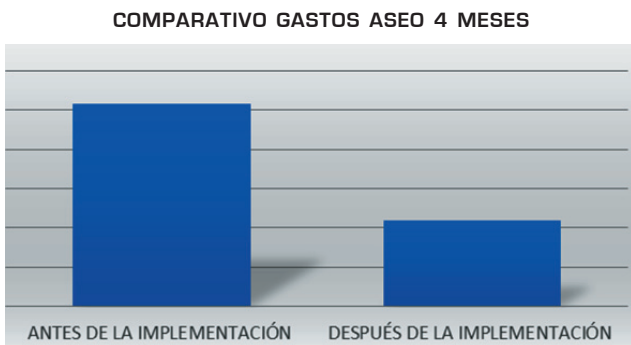
Gráfica 4. Comparativo gastos de despachos. Fuente: Elaboración propia.

- Otro de los ahorros que refleja este proyecto es el de papelería ya que al disminuir el número de hojas impresas con los nuevos formatos y la frecuencia de las mismas podemos ver una disminución en un 83% comparado con los mismos meses el año inmediatamente anterior, (Ver gráfica 5).
- Uno de los puntos más representativos en la implementación del proyecto es la disminución de los gastos de aseo, ya que debido a que se manejaban 2 puntos de acopio en cada punto bar y cocina se manejaba implementos de aseo para el bar y para la cocina el despacho de estos productos era mucho mayor, con la unificación de los formatos y el manejo de unos mismos pro-



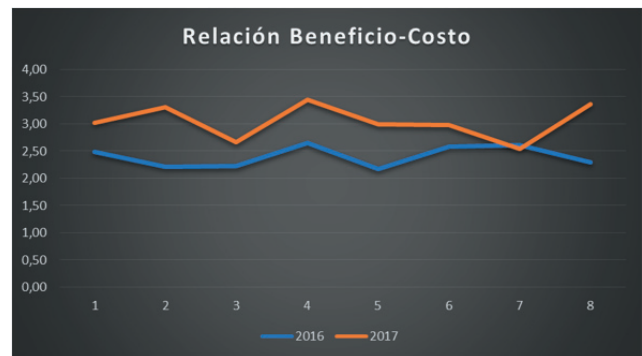
**Gráfica 5.** Comparativo gasto de papelería.  
 Fuente: Elaboración propia.

ductos de aseo, tanto para el bar como para la cocina se logra una disminución de un 58% de gastos en 4 meses (Ver gráfica 6).



**Gráfica 6.** Comparativo gastos aseo. Fuente: Elaboración propia.

- Para finalizar, se muestra una relación general entre las ventas y compras de abril a noviembre de 2016 y 2017 respectivamente, en este se muestran los beneficios económicos que ha tenido la compañía a lo largo del proyecto (Ver gráfica 7), en las (Ver tabla V) se puede mostrar la variación porcentual de los costos frente a las ventas del año 2016 y 2017.



**Gráfica 7.** Costos vs compras 2016-2017.  
 Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la comparación de la tabla V se puede ver una disminución promedio de 8% en el período abril a noviembre de 2017, en cuanto a los costos de materias primas en los mismos meses del año 2016, el impacto que trae esto a la compañía es bastante notable ya que los se puede tener un estimado en los gastos debido a que como se puede ver la variación en cuanto al mismo es mucho menor, en la gráfica 7 se muestra de una manera más detallada la variación que se presentó durante la implementación del proyecto.

## XI. SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN

El proyecto rediseño de los procesos del área de compras e inventarios de la empresa Conos Del Sur a través de la aplicación del Bussines Process Management, da inicio el 01 de marzo del año 2017, el principal objetivo de la compañía disminuir al máximo el desperdicio de recursos, estandarizar y facilitar los procesos, de la misma manera generar un control mayor en cuanto a los inventarios, trayendo con todo esto una reducción de costos, en el desarrollo de este, se presentaron una serie de acontecimientos, algunos facilitándolo y otros obstáculos vinculados sobre todo a la resistencia al cambio, a continuación se relacionan algunos de ellos:

**Tabla V.** Ingresos costos 2016

| 2016 | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE |
|------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|
| B/C  | 40%   | 45%  | 45%   | 38%   | 46%    | 39%        | 38%     | 44%       |
| 2017 | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE |
| B/C  | 33%   | 30%  | 38%   | 29%   | 33%    | 34%        | 39%     | 30%       |

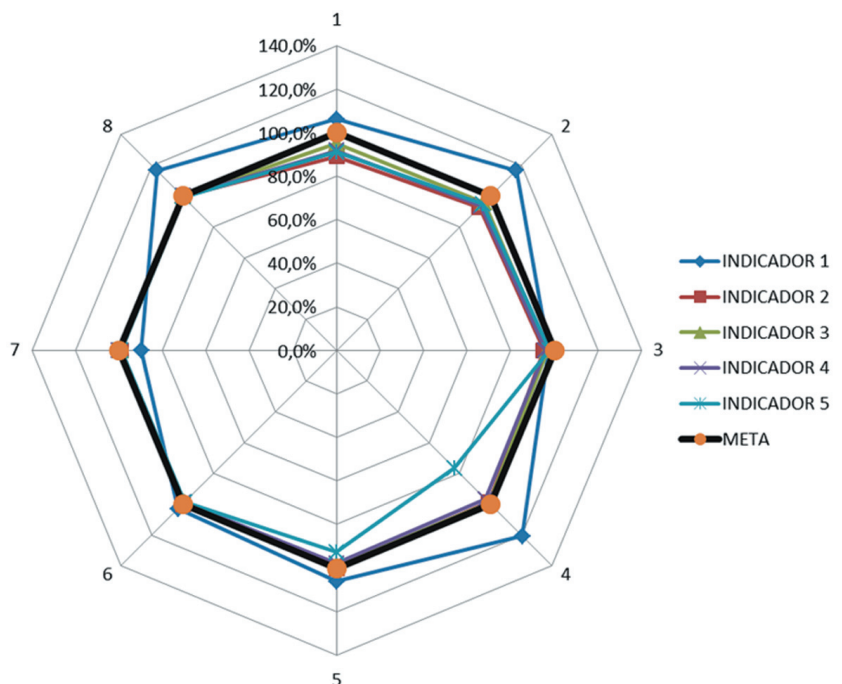
Fuente: Elaboración propia.

- **Unificación de información:** para poder realizar el objetivo número uno “diagnostico”, se debía realizar la recopilación de la información, este proceso fue algo dispendioso ya que todos los formatos variaban en algún ítem de un punto de venta a otro, debido a esto fue necesario utilizar las diferentes herramientas del Excel ya que era el programa en el cual estaban elaborados los informes.
- **Cambio de formatos:** al realizar la estandarización de productos en cada punto de venta, se realizó un cambio en los distintos formatos entre ellos el de inventario, tanto en los puntos de venta como en el centro de procesos, esto presento algunas resistencias al cambio, sobre todo con el personal del centro de despachos, su falta de colaboración a la hora de realizar la implementación dificulto el proceso, en muchas ocasiones mostraban interés, pero con el paso de los días seguían asiendo los procesos anteriores.
- **Unificación en unidades de medida:** para poder facilitar el conteo de las materias primas, se estandarizaron las unidades de medidas, para esto los nuevos formatos mostraba las medidas de cada ítem, al iniciar estos cambios se presentaron problemas ya que el personal al tener tanto tiempo realizando el mismo proceso.
- **Supervisión y análisis de los procesos:** a lo largo del proceso e implementación de las distintas herramientas del BPM, se logró detectar la raíz de los problemas principales de los procesos, de los cuales se buscó gestionar amenazas inminentes y oportunidades de forma proactiva, a lo largo del proceso el control tuvo que ser muy intenso ya que debido al largo tiempo de malas costumbres en la compañía al mínimo descuido no se realizaban las mejoras propuestas.
- **Gestión:** uno de los puntos más importantes a resaltar en el trascurso de este proyecto fue la importancia del trabajo con el

recurso humano, poder mostrar la importancia de la optimización de recursos, escuchar a las personas directamente relacionadas con el proceso, lo cual llevó a plantear de igual manera nuevos puntos de vista de los problemas y posibles soluciones en el proceso.


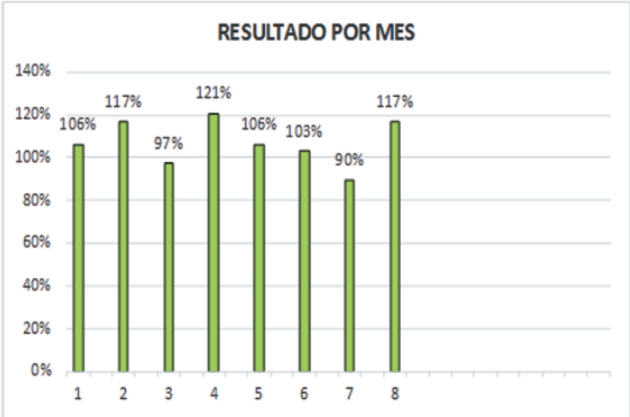
- **Indicadores de desempeño:** para finalizar este proyecto a cabalidad se realizó una hoja de vida de indicadores (Ver tabla VI) la cual evalúa la gestión, a continuación, se muestran los pasos para poder hacer los indicadores:
  - A partir de los objetivos o metas organizacionales, identificar las variables o factores relevantes, redactarlo de manera clara y sencilla, definir la manera de medirlo, establecer meta y línea base, definir responsable, establecer período de medición.

Esta hoja de vida de indicadores permite mostrar la gestión realizada y definir si se están cumpliendo los objetivos planteados, es de gran importancia mostrar la claridad y buscar una retroalimentación de los mismos, en el (Ver gráfica 8) se muestra el resultado de los indicadores aplicados durante el proyecto, evidenciando los resultados exitosos y en los que aun se debe realizar gestión.



Gráfica 8. Resultado indicadores de gestión.

Tabla VI. Hoja de vida de indicadores

|   |  | CONOS DEL SUR SAS<br>DEPARTAMENTO DE COMPRAS |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
|--|--|--|-----|------|----------------------------------|---|------------------------|--------------------------|----------------|--|--|--|--|
| <b>Nombre del Proceso:</b>   | Rediseño de los procesos del área de compras e inventarios de la empresa Conos Del Sur a través de la aplicación del Bussines Process Management |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>DATOS BÁSICOS</b>   |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>Nombre del Indicador</b>  | Indicador porcentaje costo emnsual   |  |     |      | <b>Descripción del Indicador</b> | Comparar el nivel de ingreso total ejecutado y el gasto total ejecutado |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>Fórmula de Cálculo</b>  | ICP= (Costo mensual)/(Valor venta mensual) X 100   |  |     |      |                                  |   |                        | <b>Unidad de Medida</b>  | % (Porcentaje) |  |  |  |  |
| <b>Meta</b>  | 35%  |  |     |      | <b>Frecuencia de medición</b>    | Al terminar cada mes  |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>Responsable de la medición y seguimiento</b>  | Jefe compras   |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>Tipo de Indicador</b>   | Eficacia   |  |     |      | <b>Rangos</b>                    | <b>Resultado bajo</b>   | <b>Resultado medio</b> | <b>Resultado alto</b>    |                |  |  |  |  |
|  |  |  |     |      | <b>Escala</b>                    | >40%  | >44%                   | <81                      |                |  |  |  |  |
| <b>TOMA DE DATOS Y GRÁFICA DEL INDICADOR</b>   |  |  |     |      |                                  |   |                        | <b>Fecha de reporte:</b> | DD/MM/AAAA     |  |  |  |  |
| <b>PERIODO</b>   | 1  | 2  | 3   | 4    | 5                                | 6   | 7                      | 8                        |                |  |  |  |  |
| <b>DATO ACUMULADO</b>  | 33%  | 30%  | 36% | 29%  | 33%                              | 34%   | 39%                    | 30%                      |                |  |  |  |  |
| <b>DATO META</b>   | 35%  | 35%  | 35% | 35%  | 35%                              | 35%   | 35%                    | 35%                      |                |  |  |  |  |
| <b>RESULTADO</b>   | 106%   | 117%   | 97% | 121% | 106%                             | 103%  | 90%                    | 117%                     |                |  |  |  |  |
| <b>GRÁFICO</b>   |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
|    |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>  |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS:</b>   |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| Los resultados mostrados durante los meses que se realizó el proyecto cumplieron el objetivo propuesto a excepción del mes 7, en el cual debido a la presión de los puntos de ventas se les da la libertad de solicitar libremente implementos de aseo, por ello se toma la decisión de seguir con las políticas implementadas en el proyecto. |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |
| <b>NOTA:</b> Si a partir del análisis de los resultados se identifican acciones correctivas, preventivas y/o oportunidades de mejora, aplicar las correcciones y mejoras necesarias.   |  |  |     |      |                                  |   |                        |                          |                |  |  |  |  |

Fuente: Elaboración propia, basada en la Universidad Libre clase administración de procesos BPM 2017-1.

## XII. CONCLUSIONES

En la actualidad las compañías muestran un afán por lograr la estandarización de sus procesos, BPM o gestión por procesos de negocios, es una metodología corporativa cuyo objetivo es la optimización de los procesos de una compañía, esta metodología permite a la organización integrar los procesos, de forma automatizada integrando a las personas, dispositivos, recursos informáticos y todo tipo de tecnología.

La metodología BPM permite a la compañía Conos del Sur SAS, dar un diagnóstico exacto de los puntos sensibles que presentaban las áreas estudiadas, de esta manera poder modelar, simular, ejecutar y monitorizar las metodologías aplicadas para poder lograr el objetivo principal el cual es la mejora la utilización de los recursos de la compañía.

En la actualidad y con el gran avance tecnológico se puede ver claramente que para poder lograr un alto grado de competitividad en las compañías debe estar a la vanguardia en cuanto a esto compete, de esta forma BPM permite a las organiza-

ciones mantener procesos actualizados, renovados y sobre todo continuamente evaluados, para con esto poder siembre innovar y hace que surja la necesidad de implementar nuevas soluciones capaces de utilizar la información condesada en los diferentes sistemas de la organización.

El BPM permite realizar una adecuada utilización de las herramientas con que se cuenta, para de esta forma optimizar recursos tanto humanos como materiales en la organización, dando resultados claros y de gran impacto.

En el momento que la compañía, disminuyó los sistemas de control propuestos, incrementaron los costos, como se muestra en los indicadores en el séptimo período de los ocho analizados, con esto se ratifica el impacto y de igual forma que no se pueden disminuir los controles en todos los procesos.

A continuación se encuentran tres proyectos similares al realizado en el estudio, en el cual se pueden observar las diferencias y los aportes que da a la generación de conocimientos el proyecto realizado (Ver tabla VII).

Tabla VII. Aportes generación de conocimiento

| Título del proyecto  | Aportes del proyecto  | Diferenciador   |
|--|---|---|
| Propuesta del diseño del flujo de las operaciones y distribución física de una nueva plata para Pan Pa Ya [18].  | El proyecto muestra la importancia de la estandarización de procesos y la diagramación de los mismos permite que las actividades se realicen de una forma estándar y controlada.  | Por medio no solo de la estandarización de procesos si no también la integración del personal y de áreas relacionadas con la estudiada se logran procesos más sencillos y rápidos.                                |
| Propuesta de modelamiento y estandarización de los procesos mediante soluciones BPM y BSC en proyectos de domótica para la empresa Mainframe Ltda [19].                        | Se proponen dos modelos de transporte donde el primer modelo describe la operación general y garantizar el envío para la recolección desde los puntos de acopio interno hasta los puntos de acopio externo, y de estos últimos a la planta productora y, el segundo propone la condición de suministro único. | En el proyecto, no solo se revisan los modelos de transporte sino también la optimización de los recursos de la compañía como lo son: Hora hombre y optimización de tiempos de recepción y entrega de materiales. |
| Propuesta de mejoramiento del proceso de compras, teniendo en cuenta su integración con los procesos comercial y planeación de producción para la empresa Art Print Ltda [20]. | Diseño y análisis del área de compras, teniendo en cuenta la integración de procesos; comerciales de planeación y producción de la compañía Art Print Ltda, buscando quedar a la par con las políticas de la compañía.  | Al realizar el análisis del área de compras por medio de la metodología BPM se permite integrar los recursos físicos y tecnológicos de la compañía, permitiendo optimizar recursos                                |

## REFERENCIAS

- [1] D. Schulz, *Shopping Centers Planning & Design*. Design Media Publishing Limited. 2014.
- [2] M. Dumas & otros, *Fundamentals of Business Process Management*. Queensland Australia: Springer. 2013.
- [3] J. J., & Otros, *Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations*. Davenport (Florida): Third Edition. 2008.
- [4] K. Garimella, *BPM (Gerencia de procesos de negocio)*. Madrid: General Moscardó, 37, 2011.
- [5] P. F., & Otro, *Value-Driven Business Process Management: The Value-Switch for Lasting Competitive Advantage*. New York: McGraw Hill Professiona. 2012.
- [6] T. S., & Otro, *BPM - Driving Innovation in a Digital World*. Berlín, Alemania: Springer Publishing Company. 2015.
- [7] P. B, *Successful Business Process Management: What You Need to Know to Get Results*. New York: Amacom. 2014.
- [8] H. Bernhard, *Business Process Management BPM / Gestión de procesos de negocio: Fundamentos y conceptos de implementación / Fundamentals Concepts and Implementation*. Mainz Alemania: Camundi. 2012.
- [9] B. Hitpass, *BPMN Manual de Referencia y Guía Práctica 5 Edición: Con una introducción a CMMN y DMN (Spanish Edition)*. Santa María Chile: Camunda. 2016.
- [10] P. Robledo, *Why BPM?: Business Process Management*. España: Ceos. 2013.
- [11] G. Salvendy, *Handbook of Industrial Engineering*. Canada: Interscience Publication. 2001.
- [12] O. Cubillos, *Justo a Tiempo*. Recuperado en: <http://cubillos.info/objetivos-importancia-departamento-de-compras>. 2013.
- [13] Gestipolis, *Inventario, definición*, Recuperado en: <https://www.gestipolis.com/que-es-inventario-tipos-utilidad-contabilizacion-y-valoracion/>. 2002.
- [14] B. S. López, *Herramientas para el ingeniero industrial*. Recuperado en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/>. 2016.
- [15] M. M., *Essentials of Inventory Management*. Dessau, Alemania: Tienda Kindle. 1874.
- [16] G. de Rus, *Análisis Coste-Beneficio*. Barcelona: Ariel. 2008.
- [17] E. Silva, *Formulación de proyectos productivos*. Recuperado en: [www.mail.mail.com/curso-formulacion-proyectos-productos/matriz-vester](http://www.mail.mail.com/curso-formulacion-proyectos-productos/matriz-vester). 2017.
- [18] D. Artundiaga Paris & Otros, *Repositorio Universidad Javeriana*. Recuperado en: [www.javeriana.edu.co: http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis264.pdf](http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis264.pdf). 2009.
- [19] L. Espitia Medina, *Repositorio Universidad Javeriana*. Recuperado en: [www.repository.javeriana.edu.co: https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/13642](http://www.repository.javeriana.edu.co/handle/10554/13642). 2011.
- [20] J. Barrios Rodriguez & Otros, *Repositorio Universidad Javeriana*. Recuperado en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13637/BarriosRodriguezJeffreyMauricio2012.pdf?sequence=1>. 2012.

